This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

ARTES
VERITAS
VITAE
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR

Q
.R35

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

Lit. Gen
Mylo
4 2 32
25413

LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (1)

La *Société scientifique de Bruxelles* est née de l'observation de ces deux faits : l'impression profonde que les découvertes de la science moderne exercent sur les intelligences, même les moins cultivées, et le profit déplorable que tirent de là les ennemis de la foi pour démolir les croyances religieuses.

On ne peut le nier : ces découvertes étonnantes et rapides, les applications qu'on en a faites au bien-être matériel des nations, produisent sur les hommes une sorte d'éblouissement. Tout le monde veut se dire initié à ce grand mouvement; on craint de paraître arriéré; le savant devient une sorte d'oracle dont les moindres paroles ont une haute autorité.

Or, c'est un thème favori chez nos adversaires que l'Église, que la religion en général est un obstacle au progrès de la science. On ne va plus guère jusqu'à contester

(1) Rapport présenté, le 9 septembre 1891, à la 5e section du Congrès de Malines, par M. Ph. Gilbert, professeur à l'Université de Louvain, correspondant de l'Institut (Académie des sciences).

la valeur de l'enseignement catholique : les admirables résultats atteints par les Frères des Écoles chrétiennes dans l'enseignement primaire; dans l'enseignement moyen, les succès obtenus par les Collèges épiscopaux, par les Séminaires, par les excellents établissements des Jésuites et d'autres ordres religieux, la confiance des familles qui va de plus en plus à eux, sont des faits qu'il faut bien accepter. Et quant à l'enseignement supérieur, l'Université de Louvain, cette grande création de l'Épiscopat belge, qui a exercé une si profonde influence sur les destinées de la patrie; les Facultés catholiques de France si distinguées par leur personnel, la jeune Université de Fribourg, sont là pour prouver que l'inspiration chrétienne peut animer d'un souffle puissant l'enseignement le plus élevé, et que ses écoles seraient sans rivales si des persécutions mesquines ici, là des entraves fiscales surannées ne venaient trop souvent enchaîner leur essor.

La valeur, l'efficacité de l'enseignement donné sous les auspices de l'Église est donc reconnue par les meilleurs esprits, même dans le camp adverse; mais l'objection se réfugie ailleurs. « Autre chose, dit-elle, est de conserver les vérités acquises et de les dispenser avec succès aux jeunes générations; autre chose est le progrès, la marche en avant, l'invention proprement dite. Ici l'immutabilité du dogme, la timidité qui craint de se heurter aux barrières que la foi dresse à chaque pas, créent une atmosphère d'assoupissement. Le croyant peut bien garder le trésor des connaissances admises; il n'est pas apte à le grossir. »

Ceux qui parlent ainsi oublient que les plus grandioses constructions de l'édifice scientifique sont l'œuvre de ces croyants dédaignés; mais enfin, pour confondre cette prétention de réserver à la libre-pensée seule la puissance d'élargir le domaine de nos connaissances, le moyen le plus efficace, se sont dit les fondateurs de la *Société scientifique,* c'est de grouper, sans autre raison de ce groupe-

ment que la communauté des aspirations religieuses, tous les hommes, à quelque nation qu'ils appartiennent, qui ayant consacré les forces d'une intelligence élevée au progrès des sciences de la nature, se font un honneur de garder intactes leurs convictions chrétiennes. La seule réunion de ces noms respectés dans la science, affirmant avec simplicité, par leur adhésion, leurs croyances religieuses, serait déjà une réfutation du préjugé signalé plus haut; leurs travaux scientifiques, ceux que leur exemple et leur inspiration provoqueraient dans la jeunesse catholique et laborieuse, prouveraient mieux encore que le génie chrétien n'est pas l'antagoniste du progrès dans l'étude de la nature. Ce serait comme une couronne glorieuse déposée par des savants chrétiens sur l'autel de leurs convictions religieuses.

Mais on pouvait se proposer un autre moyen, plus direct sinon plus efficace, de faire servir cette union de savants catholiques à la lutte contre l'irréligion : c'était la création d'une *Revue* de haute vulgarisation scientifique où, d'une part, les découvertes nouvelles seraient offertes à toutes les intelligences cultivées, par des écrivains spécialistes, parfois même par les auteurs de ces découvertes; où, d'autre part, les questions controversées dans lesquelles l'étude de la nature sert de prétexte à des attaques contre les livres saints ou les doctrines spiritualistes, seraient traitées avec franchise, compétence, autorité.

Personne n'ignore, en effet, que c'est là, dans notre siècle, le champ de bataille favori de la libre-pensée. Un os ramassé dans une caverne servira à démontrer la fausseté de la chronologie biblique ou l'état bestial de l'humanité primitive; l'étude du cerveau favorisera les théories matérialistes, et le système de Darwin sera invoqué en faveur de l'athéisme; celui-ci, résumant et dénaturant l'histoire des rapports de la foi et des doctrines scientifiques, conclura à un perpétuel et inévitable conflit; celui-là ira chercher dans le procès de Galilée une arme

cent fois ébréchée contre l'autorité de l'Église. La géologie, l'astronomie, l'ethnographie, la linguistique serviront ainsi tour à tour d'instruments pour atteindre un but toujours le même : saper dans les âmes peu éclairées les fondements de la croyance religieuse.

Que valent le plus souvent ces objections? Ceux-là le savent qui ont passé leur vie à défricher péniblement un coin du domaine infini de la science, et ont appris ainsi combien il est difficile de contrôler par soi-même avec sécurité des affirmations portant sur toutes les branches du savoir humain. Mais le gros public accepte tout, croit tout : on parle au nom de la science, cela suffit. Ce n'est pas dans la soumission éclairée des catholiques, c'est dans la docilité de la foule aux assertions tranchantes de ces savants de hasard que l'on rencontre les plus beaux exemples d'une foi aveugle!

Pourtant, il y a là pour les esprits peu éclairés un danger auquel remédient imparfaitement les réfutations un peu légères de la presse quotidienne. On se porte avec plus de bonne volonté que de préparation au-devant de l'ennemi; on ne réfléchit pas assez qu'un argument inepte en faveur de la religion fait plus de mal aux intelligences droites que dix objections contre elle. De là l'utilité d'une Revue sérieuse, où la polémique catholique rencontrerait un arsenal d'armes de bon aloi, où les esprits de bonne foi trouveraient à s'éclairer sur les questions délicates et obscures sans craindre le charlatanisme scientifique.

* * *

Ce fut en 1875 qu'un certain nombre d'hommes, pénétrés des idées que nous venons d'exposer, se réunirent à Bruxelles et jetèrent les bases de l'association qui devait en être l'expression publique et active.

Voyons comment ils réalisèrent leur pensée.

II

La Providence semblait leur avoir réservé l'homme le plus parfaitement préparé qu'on pût rêver pour mener avec succès une entreprise si nouvelle. J'ai nommé le R. P. Carbonnelle, ce prêtre éminent qui a laissé une trace si profonde dans l'intelligence et dans le cœur de ceux qui l'ont connu, le vrai fondateur de la Société Scientifique de Bruxelles, dont il est resté pendant quatorze ans le secrétaire-général, le moteur et l'inspirateur.

Animé d'une passion vraie pour le progrès scientifique et d'un zèle ardent pour la défense de l'Église; alliant une liberté de penser qui allait jusqu'à la hardiesse avec une soumission absolue à l'autorité religieuse; dégagé de toute ambition pour lui-même et n'en admettant pas davantage chez les autres; d'une franchise et d'une cordialité qui séduisaient de prime abord; doué d'une volonté de fer, d'une activité infatigable, d'une intelligence hors ligne, qui s'appliquait avec un égal succès aux mathématiques, à la littérature, à la philosophie; comprenant et parlant plusieurs langues; écrivain solide, nerveux et mordant; préparé, par la rédaction d'un journal anglais à Calcutta et celle des *Études religieuses* à Paris, à l'organisation des publications scientifiques, le P. Carbonnelle était vraiment l'homme prédestiné pour cette œuvre, et l'on peut dire qu'il s'y est dévoué jusqu'à la mort.

Sous son impulsion, des adhésions nombreuses, rapides, significatives furent recueillies de tous côtés, et l'on vit les noms les plus illustres de l'Institut de France, de l'Académie de Belgique, etc., à côté de noms patriciens bien connus pour la protection éclairée qu'ils accordent aux sciences; les noms d'illustres évêques belges et étrangers à côté de ceux d'humbles curés de campagne, qui apportaient leur obole quand ils ne pouvaient donner davantage. Les statuts de la Société furent votés et ratifiés dans une

assemblée générale où le premier Président élu, l'éminent Dr Lefebvre, dans un inoubliable discours, traça la ligne à suivre, le programme de la Société, les devoirs de ses membres.

Un conseil de vingt membres élus par la Société fut chargé d'administrer celle-ci. Au premier des deux buts signalés plus haut il fut pourvu par l'institution d'un volume annuel d'*Annales de la Société scientifique,* renfermant les procès-verbaux des séances, les résumés des conférences, et surtout les *Mémoires* dus à l'activité des sociétaires. Le XIVe volume de cette publication a paru, le XVe est en préparation. Ces Annales jouissent dans le monde scientifique d'une juste considération; les travaux qu'elles renferment ont été souvent cités dans les discussions des premiers corps savants ou dans les ouvrages de maîtres illustres; plusieurs des mémoires qui y ont paru avaient été d'abord l'objet de rapports élogieux à l'Institut de France, et ce fait s'est encore produit tout récemment à propos d'un beau travail d'un savant professeur de la Faculté catholique de Lyon.

La publication des Annales n'est pas le seul service que la Société scientifique ait rendu à la science pure. Depuis 1878, elle a institué des concours dont le sujet est proposé, à tour de rôle, par chacune des cinq sections dont elle se compose. Les prix sont de cinq cents francs et peuvent être majorés; une médaille y est jointe, vrai bijou artistique dû au talent inspiré de M. le baron Béthune. Déjà le Conseil a eu la satisfaction de couronner un excellent travail de zoologie de M. l'abbé Smets, et nous comptons qu'un semblable plaisir lui sera encore donné prochainement.

Chose peut-être plus utile encore : la Société accorde des subsides aux savants qui, poursuivant une recherche déterminée, se verraient arrêtés par les dépenses qu'elle entraîne; à ceux qui entreprennent une publication utile et coûteuse, un voyage scientifique lointain. Les résultats

obtenus dans cette voie sont des plus heureux et des plus encourageants.

La Société scientifique de Bruxelles n'a pas réalisé avec moins de succès la deuxième partie de son programme. La *Revue des questions scientifiques*, inaugurée en 1877, forme dès aujourd'hui un recueil de trente volumes compacts, et s'est placée dès l'abord à côté des publications les plus estimées dans le même genre, telles que la *Revue des questions historiques*. Tous les sujets qui, dans le domaine des sciences proprement dites, confinent à la religion ou à la philosophie spiritualiste : rapports de la Bible avec la géologie, la paléontologie ou l'ethnographie, hypothèses cosmogoniques, doctrines évolutionnistes, théories matérialistes, attitude de l'Église catholique dans les questions scientifiques controversées, tous ces sujets ont été élucidés par la plume d'écrivains faisant autorité. Un grand nombre d'autres articles tiennent les lecteurs au courant des progrès de la science pure et de ses applications ; une bibliographie sérieuse, embrassant le domaine entier des sciences physiques et naturelles, et une revue des recueils périodiques complètent cet ensemble.

Un but aussi noble, aussi heureusement poursuivi, ne pouvait manquer d'attirer sur la Société scientifique de Bruxelles l'attention bienveillante des chefs de l'Église. A diverses reprises, les suffrages et les encouragements de l'épiscopat ont récompensé ses efforts ; le Pape Pie IX lui a témoigné sa haute satisfaction, et le Souverain Pontife Léon XIII, dans un bref de janvier 1879, a daigné lui envoyer ses félicitations et ses conseils.

La Société, d'ailleurs, répond à la confiance de ses vénérables patrons par son ferme attachement aux doctrines catholiques. Non seulement elle a pris pour devise les paroles du Concile du Vatican : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest ;* non seulement elle s'est interdit de modifier jamais l'article des

statuts qui proscrit toute attaque à la religion catholique, mais encore, dans une assemblée récente, elle a tenu à exprimer publiquement son adhésion explicite aux enseignements de l'Encyclique *Aeterni Patris* et aux principes philosophiques de saint Thomas d'Aquin.

En 1889, une crise grave menaça l'existence de la Société scientifique. Son éminent secrétaire général lui fut enlevé de la manière la plus rapide et la plus inattendue, et telle était la place que tenait le P. Carbonnelle dans la Société, qu'on put croire un instant que sa mort serait la perte de cette excellente institution.

Heureusement, grâce à la vitalité de celle-ci, grâce au zèle du Président en exercice, M. G. Lemoine, qui n'hésita pas à faire à diverses reprises le voyage de Paris à Bruxelles pour présider les réunions du Conseil ; grâce surtout au dévouement d'un des membres les plus anciens et les plus actifs de la Société, M. P. Mansion, qui n'hésita pas à joindre à des occupations déjà excessives le travail considérable que réclament les fonctions de secrétaire, et qui s'acquitte de ces fonctions avec un zèle et un talent au-dessus de tout éloge, cette passe difficile a été franchie et les travaux de la Société scientifique ont continué leur cours.

III

Tel est le passé de la Société scientifique de Bruxelles. Que cette association réponde à un véritable besoin de notre temps, c'est ce dont personne ne peut douter. Les considérations qui ouvrent ce rapport le prouvent, et mieux encore, le succès que la Société a obtenu, l'élan qu'elle a imprimé ; car il n'est pas difficile de reconnaître que le Congrès scientifique international des catholiques, qui a déjà tenu deux sessions brillantes à Paris, doit en partie son origine à la confiance inspirée par la réussite exceptionnelle de la Société scientifique de Bruxelles, dans laquelle il trouvera toujours un concours actif et énergique.

Est-ce à dire que tout soit parfait et qu'il n'y ait plus rien à désirer? Conclure ainsi serait ne pas connaître la marche des choses humaines. C'est le moment, au contraire, d'appeler sur la Société scientifique de Bruxelles l'attention des catholiques, la faveur du corps épiscopal, le concours des ordres religieux et du clergé. Par suite de circonstances trop faciles à démêler, la mort de beaucoup de membres, les charges imposées à la générosité chrétienne par la lutte de tous les jours, le nombre des membres de la Société et des abonnés à la *Revue*, tantôt reste stationnaire, tantôt fléchit sensiblement. Et cependant, il est impossible que la Société remplisse la mission qu'elle s'est donnée si elle n'est assurée de ressources suffisantes et même abondantes!

D'autre part, une certaine inertie, des préjugés inexplicables, tiennent encore éloignés de la Société bien des hommes, des prêtres même, que leurs sentiments religieux connus et leur haute position dans le monde scientifique appellent évidemment à prendre part à ses travaux et à lui apporter l'appoint de leurs noms.

Aux uns comme aux autres, en terminant cet exposé, nous nous permettrons de signaler l'appel pressant et si bien motivé que leur adressait M. Mansion dans son rapport de 1890, et de leur répéter nos paroles d'autrefois : « Pour les catholiques, c'est un devoir de prouver qu'ils sont savants; pour les savants, c'est un devoir d'oser montrer qu'ils sont catholiques! »

MICROBES ET HYGIÈNE

LA PROPHYLAXIE DES MALADIES INFECTIEUSES

Dans nos précédents articles (1) nous avons adopté une classification des microbes et qui, si elle n'est pas absolument scientifique, offre l'avantage d'être très simple. Nous les avons divisés en quatre classes :

1° Les *microcoques*, ayant une forme sphérique ou ovalaire, se multipliant par division et dépourvus de mouvements spontanés ;

2° Les *bacilles*, ayant la forme de bâtonnets, se multipliant soit par division, soit par spores, et étant souvent doués de mouvements plus ou moins actifs ;

3° Les *spirilles*, dont le type est représenté par un filament contourné en spirale, qui produit, en se multipliant, des éléments semblables ; la plupart du temps ces spirilles sont mobiles ;

4° Les *microbes pléomorphes*, ayant des formes de crois-

(1) *Microbes et hygiène : Des microbes en général*, Rev. des quest. scient., octobre 1891 ; — *Les Microbes et la découverte du Dr Koch*, Rev. des quest. scient., janvier 1891.

sance variables, qui revêtent, dans le cours de leur existence, un grand nombre de formes variées.

Nous avons dit dans ces mêmes travaux que les différentes espèces de microbes se distinguent par leur forme, mais surtout par leur mode de culture et par leurs propriétés biologiques (infection pathologique et inoculation expérimentale).

Nous voudrions aujourd'hui étudier les moyens dont nous disposons pour nous mettre à l'abri de l'action des microbes les plus connus qui menacent l'habitant de nos régions; nous laisserons de côté ceux qui ne manifestent leur présence que dans d'autres climats, ainsi que ceux dont la microbiologie n'a pas encore bien établi l'existence. Nous nous proposons donc de passer successivement en revue les microbes de la suppuration, de l'érysipèle, des affections puerpérales, du tétanos, de la pneumonie, de la diphtérie, du typhus, du choléra, de la tuberculose, de la fièvre intermittente.

Microbes de la suppuration.

Lorsqu'une plaie a été produite, soit accidentellement, soit chirurgicalement, à la surface des téguments cutanés, elle peut se guérir par première intention ou à la suite d'une suppuration. La première terminaison est la plus favorable; elle consiste dans le recollement immédiat des lèvres de la plaie, sans que celle-ci soit le siège d'aucune inflammation. La seconde, tout en étant très souvent heureuse, présente toujours les dangers de la présence du pus sur un des points de l'organisme. Ces dangers peuvent se borner à l'inflammation locale du siège de la plaie, de telle sorte que celle-ci se guérira plus lentement et ordinairement moins régulièrement; ou bien ils intéressent tout l'organisme, qu'ils peuvent affaiblir considérablement par l'abondance de la suppuration, ou infecter par la pénétration des sécrétions microbiennes (ptomaïnes) dans le torrent circulatoire.

Il importe donc, chaque fois qu'il existe une plaie à la

surface du corps humain, de chercher à obtenir une réunion par première intention et de prévenir la production de la suppuration. Cette nécessité est particulièrement urgente lorsque la plaie est profonde et qu'elle intéresse les grandes cavités qui renferment les organes essentiels à la vie : tel est le cas des plaies considérables des membres (accidents graves, amputations, résections, etc.), et des plaies pénétrantes de l'abdomen, de la cavité thoracique (blessures ou opérations sérieuses).

Pendant longtemps toutes ces plaies furent tellement redoutables que le chirurgien renonçait souvent à intervenir pour ne pas mettre en danger les jours de son malade ; en cas d'accidents, il était presque tenté de renoncer à sauver les blessés, ou, tout au moins, à conserver des membres mutilés, parce que la suppuration était presque inévitable et compromettait gravement l'existence de l'organisme.

Nous verrons tantôt qu'il n'en est plus de même aujourd'hui, grâce aux découvertes de la microbiologie et aux applications pratiques des données fournies par cette science. On peut empêcher presque à coup sûr la suppuration, du moins dans toute plaie chirurgicale, parce que l'on connaît les causes de cette suppuration et que ces causes, étant connues, peuvent être évitées.

En effet, il est établi actuellement que, dans la très grande majorité des cas, la suppuration des plaies est exclusivement due à la pénétration de certains microbes par la surface béante de ces lésions. Il est bien vrai que quelques substances chimiques paraissent être douées de la propriété de provoquer la formation du pus ; mais ce ne sont que des cas très exceptionnels, et qui n'offrent guère qu'un intérêt purement expérimental.

On comprend l'importance qu'il y a à bien connaître les microbes de la suppuration, non seulement au point de vue chirurgical, puisque certaines opérations particulièrement graves ne peuvent être tentées que si on peut obte-

nir une réunion par première intention, mais aussi au point de vue hygiénique, puisque des premiers soins donnés à une blessure dépendra souvent la marche ultérieure des lésions traumatiques, et même parfois la vie du blessé.

La suppuration peut être produite par plusieurs espèces de microbes, appartenant tous à la classe des microcoques. Les plus importants sont le *Staphylococcus pyogenes aureus* et le *Streptococcus pyogenes*.

Le premier se présente sous forme de petites cellules, ayant un diamètre de moins d'un millième de millimètre, se groupant ordinairement par 2 ou 4, ou bien formant de petits amas offrant une certaine ressemblance avec une grappe de raisins, d'où son nom de *Staphylococcus* (coccus en grappe).

Le second a une forme également arrondie, mais son volume est un peu plus grand que celui du précédent. Ce qui est caractéristique pour lui, c'est sa tendance à se diviser dans une seule direction et à former des chaînes de 4, 5, 10 articles et quelquefois plus. Les chaînes sont parfois enchevêtrées et constituent alors d'élégants écheveaux. Le nom de *Streptococcus* vient de cette disposition (coccus en chapelet).

Le staphylococcus pyogenes aureus, qui est l'agent le plus fréquent de la suppuration, est extraordinairement répandu dans les milieux ambiants, ce qui est en rapport avec l'extrême fréquence de ce phénomène pathologique. Il peut très bien vivre et se multiplier en dehors de l'organisme. On a démontré sa présence dans les eaux ménagères, le sol, l'air atmosphérique, sur la peau, le long de la muqueuse respiratoire et digestive, dans la cavité buccale, sous l'extrémité des ongles des doigts.

Ce microbe a été trouvé dans une foule d'affections de nature purulente, spécialement dans les abcès, les furoncles, la pyémie, les panaris, les phlegmons, etc.

On l'a inoculé aux animaux et on a reproduit ainsi un

grand nombre d'affections identiques à celles qu'il provoque chez l'homme. Il a même été inoculé à l'homme sain. Cette inoculation a été faite par le Dr Gané sur lui-même : la friction de la peau avec une culture de ce microbe a donné lieu à la formation d'un énorme furoncle entouré d'une couronne de furoncles plus petits.

Bien qu'on n'ait jamais découvert de spores au staphylococcus pyogenes aureus, on a cependant constaté qu'il était doué d'une assez grande résistance. Pour le tuer, il faut une température de 110° à 120°; une chaleur de 80° et l'action de la vapeur d'eau en arrêtent la multiplication.

Comme désinfectant, il faut employer l'acide salicylique, l'acide phénique et le sublimé corrosif. L'iodoforme, dont on se sert encore sur une si grande échelle malgré l'odeur pénétrante et désagréable qu'il dégage, ne paraît pas avoir une grande efficacité.

Ces notions sur les microbes de la suppuration ont une importance pratique extrêmement grande. Au point de vue chirurgical, elles justifient et précisent l'utilité du pansement de Lister. On sait que ce chirurgien a posé une méthode rigoureuse pour les soins à donner avant, pendant et après une opération, afin d'éviter la suppuration et d'obtenir une réunion par première intention. Cette méthode a pour but essentiel d'empêcher les microbes pyogènes d'arriver en contact avec la plaie, en même temps que de tuer ceux qui auraient passé à travers les mailles du réseau de précautions imaginées par le chirurgien anglais. A cet effet, lorsqu'une opération va être pratiquée, il faut commencer par laver et désinfecter soigneusement la peau de la région malade, afin d'enlever toutes les bactéries qui peuvent s'y trouver ; en même temps les instruments, les éponges et en général tous les objets qui devront venir en contact avec la plaie, seront soumis à une désinfection minutieuse préalable et tremperont pendant toute la durée de l'opération dans une solution antiseptique (acide phénique, sublimé corrosif);

enfin le chirurgien ainsi que ses aides doivent prendre toutes les mesures propres à éloigner ou à tuer les microbes dont ils peuvent être porteurs : ils ont principalement pour devoir de se désinfecter les mains avec une minutie extraordinaire; une attention toute particulière doit être donnée à enlever les souillures qui existent sous les ongles. On ne saurait attacher trop d'importance à cette désinfection des mains, dont l'étude a fait l'objet d'expériences nombreuses et variées. On en est arrivé généralement à recourir au procédé suivant : lavage prolongé pendant au moins cinq minutes, avec frictions énergiques à la brosse, dans de l'eau chaude savonneuse; ensuite, lavage plus rapide dans l'alcool; enfin, lavage prolongé avec friction dans une solution de sublimé (1 p. 1000). Une fois les mains désinfectées, le chirurgien doit éviter avec soin de toucher aucun objet extérieur, ni aucune personne qui ne serait pas dans les mêmes conditions que lui. Voilà pour les préparatifs de l'opération. Pendant l'opération, toutes les précautions doivent être prises pour éviter d'introduire dans la plaie aucun germe infectieux. A cet effet, on ne se servira dans les lavages nécessaires pour étancher le sang que de solutions antiseptiques ou d'eau distillée. Les éponges, linges et autres pièces qui sont utilisés doivent être également désinfectés avec le plus grand soin. Nulle personne qui n'a pas subi les lavages dont nous venons de parler, ne peut approcher du champ opératoire.

Après l'opération, il faut encore assurer la désinfection de la plaie par des lotions ou des irrigations avec des solutions antiseptiques; il faut, en outre, enlever avec soin toutes les matières, telles que sang, pus et autres sécrétions, qui pourraient, par leur décomposition ultérieure, amener le développement de germes infectieux; il faut ensuite, pour lier les vaisseaux sanguins qui ont été coupés, pour suturer et maintenir rapprochés les bords de la plaie, ne se servir que de fils rendus absolument

antiseptiques et constitués, autant que possible, de matières qui pourront se résorber dans la plaie et ne sont pas exposées à jouer le rôle de corps étrangers dans les tissus ; il faut enfin, dans le but d'empêcher la pénétration ultérieure de microbes pathogènes à la surface de la région opérée, pratiquer le pansement avec des linges également désinfectés et imprégnés de substances antiseptiques ; ce pansement sera très épais, afin que l'air ne puisse pas arriver en contact avec la plaie, et que les sécrétions que celle-ci pourrait donner ne se décomposent pas par l'action des germes infectieux atmosphériques. Tel est le pansement de Lister, qui a rendu possibles les audaces de la chirurgie moderne. Ce pansement a été plus ou moins modifié par certains opérateurs ; mais ce qui demeure toujours, c'est l'obligation pour tout chirurgien de mettre son opéré à l'abri de toute infection par les microbes pyogènes.

Au point de vue de l'hygiène, il est tout aussi nécessaire de tenir compte des notions que nous venons d'exposer. Chaque fois qu'une plaie a été faite à la surface de la peau, ou, pour parler d'une façon plus générale, chaque fois qu'une porte d'entrée a été pratiquée qui permet à un microbe pyogène de pénétrer dans l'organisme, il faut se garder de tout contact ou de toute manipulation qui pourrait faciliter l'infection. Les plus grands soins de propreté sont donc indiqués dans ces circonstances ; ces soins sont nécessaires, non seulement pour la personne blessée ou malade, mais aussi pour celles qui font partie de son entourage immédiat. Voici un exemple frappant, qui démontre l'utilité de ces connaissances sur la microbiologie. Nous avons dit qu'on a parfois trouvé les microbes pyogènes dans la bouche de personnes saines. Supposez une de ces personnes atteinte d'un typhus : l'intestin devient malade, il est le siège de petites plaies. Or si des microbes pyogènes passent de la bouche dans l'estomac et arrivent ainsi à l'intestin, ils peuvent infecter

les plaies intestinales qui caractérisent la fièvre typhoïde; de là des complications pouvant entraîner la mort des malades, qui auraient guéri si l'affection était restée simple. Concluons-en à l'impérieuse nécessité de nettoyer et de désinfecter aussi souvent que possible la bouche des personnes atteintes de typhus. Nous pourrions multiplier à l'infini les cas d'application pratique des notions que l'étude des microbes de la suppuration nous a fournies.

Microbes de l'érysipèle.

L'érysipèle est cette maladie, bien connue et relativement fréquente, qui est constituée par une inflammation de la peau, caractérisée par une rougeur vive de ce tégument, avec gonflement, sensation de chaleur et de douleur de la région atteinte. Un des traits les plus particuliers de cette affection est sa tendance à s'étendre rapidement de proche en proche pour gagner des parties plus ou moins considérables du corps, voire même parfois, quoique rarement, le corps tout entier.

On distingue l'érysipèle médical et l'érysipèle chirurgical : le premier naît spontanément, le second se déclare à la suite d'opérations, aux environs de la plaie. Mais il devient de plus en plus probable que l'érysipèle médical a toujours pour origine une petite excoriation de la peau, qui a servi de porte d'entrée aux micro-organismes. Cette hypothèse est fortifiée par la connaissance du caractère contagieux de la maladie. On la voit très souvent, en effet, se communiquer par simple voisinage de lits et s'établir à l'état d'endémie dans une salle d'hôpital. Souvent des érysipèles se déclarent à la suite d'opérations et de plaies et sont dus exclusivement à la contagion, facile dans un service de chirurgie.

Le microbe de l'érysipèle se présente sous la forme de petites cellules arrondies, se réunissant ordinairement par deux; les différents couples de cellules se rangent les uns à côté des autres de façon à constituer des chaînettes

(streptococcus). Ce microbe, qui a surtout été étudié par le Dr Fehleisen, peut vivre et se multiplier en dehors de l'organisme. On l'a plusieurs fois trouvé dans l'air des salles de chirurgie.

Dans l'examen de lambeaux de peau érysipélateuse, on voit que le microbe de l'érysipèle y existe en nombre plus ou moins considérable; on le rencontre même parfois dans le liquide des vésicules, phlyctènes et bulles qui se forment souvent à la surface d'un érysipèle.

Il n'existe guère de différences, ni dans la forme, ni dans le mode de culture, entre le streptococcus de l'érysipèle et le streptococcus du pus. Il est possible que l'érysipèle soit causé par le streptococcus de la suppuration, ou mieux par une variété de ce microbe. Pour admettre l'unité clinique et la localisation de l'érysipèle, il faut faire intervenir la disposition spéciale des vaisseaux dans les couches superficielles de la peau.

Le microbe de l'érysipèle a pu être inoculé à l'homme et aux animaux; il a reproduit la maladie avec tous ses caractères anatomiques et cliniques.

On peut le tuer par l'acide phénique (3 p. c.) en 45 secondes, par le sublimé corrosif (1 p. 1000) en 15 secondes.

De ces notions microbiologiques découlent d'importantes applications prophylactiques.

Au point de vue chirurgical, on comprend l'utilité du pansement antiseptique ayant pour but d'empêcher l'infection de la plaie par le microbe de l'érysipèle. Aussi peut-on dire que cette complication est devenue, depuis l'introduction de la méthode de Lister, une rareté chirurgicale.

Dans l'érysipèle médical, il est indispensable d'employer tous les moyens propres à prévenir la contamination de personnes saines par le microbe spécial à cette maladie, surtout si ces personnes sont atteintes d'excoriations ou d'autres lésions de la peau pouvant servir de porte

d'entrée à ce micro-organisme. Ces moyens sont l'isolement du malade et les grands soins de propreté pour les personnes de son entourage immédiat.

Microbes des affections puerpérales.

On sait que les femmes en couches sont exposées à des accidents excessivement graves, se traduisant par des inflammations dans les organes qui ont pris part au fait physiologique de la parturition. Ces inflammations ont un caractère de septicité particulière; elles se terminent par des suppurations de mauvaise nature. Quelquefois même, en dehors de toute maladie locale apparente, il se produit des accidents généraux graves (infection purulente ou putride) se terminant rapidement par la mort.

Ces différentes complications se présentent habituellement sous un aspect tellement spécial qu'on leur a donné un nom propre : affections puerpérales. On serait tenté de croire qu'elles doivent être produites par un microbe spécifique; rien ne prouve, du reste, qu'il n'en est pas ainsi. Mais, jusqu'à ce moment, il a été impossible d'isoler ce micro-organisme, si tant est qu'il existe.

Par contre, on a retrouvé là plusieurs des microbes pyogènes dont nous avons parlé, et d'autres encore qui leur ressemblent plus ou moins. Il n'est pas impossible qu'il n'y ait pas d'autres microbes dans les affections puerpérales, qui revêtiraient une forme spéciale uniquement par suite des circonstances dans lesquelles elles se présentent.

Quoi qu'il en soit, il est incontestable que les notions microbiologiques ont rendu d'immenses services dans la prophylaxie des accidents qui menaçaient auparavant toutes les femmes en couche. La mortalité effrayante qui ravageait les maternités avant l'introduction de l'antisepsie, a presque complètement disparu.

Nous n'entendons plus parler que rarement de ces nombreux décès, se présentant coup sur coup dans la clien-

tèle d'un seul accoucheur ou d'une seule sage-femme, et devant indubitablement être attribués aux germes pathogènes portés par l'homme de l'art d'une accouchée à l'autre. Ces améliorations sont particulièrement éclatantes dans les pays qui ont adopté des mesures de prophylaxie sévères et qui ont formulé une espèce de code d'antisepsie, que les intéressés (accoucheurs et sages-femmes) doivent observer sous peine de condamnations rigoureuses et méritées.

Les soins les plus minutieux de propreté et l'emploi méthodique de l'antisepsie avant, pendant et après l'accouchement ont enlevé à cet acte physiologique toute la gravité qu'il comportait auparavant. C'est à tel point qu'un savant accoucheur, M. le Dr Hubert de Louvain, proclamait dernièrement à l'Académie de médecine de Belgique cette formule qui est rigoureusement vraie : Sans antisepsie, des hécatombes de morts; avec demi-antisepsie, des demi-succès; avec une antisepsie rigoureuse, plus de revers !

Microbe du tétanos.

Une des complications les plus redoutables des plaies et des lésions traumatiques est le tétanos. Qui n'a entendu parler de cet accident terrible, survenant brusquement chez un blessé ou un opéré alors que tout semblait faire prévoir une issue favorable de la lésion traumatique ou de l'opération ? Qui n'a lu ces souffrances éprouvées par les tétaniques, dont tous les membres, la tête et le tronc sont le siège de contractions musculaires violentes que rien ne peut lever et qui se terminent presque fatalement par la mort ?

Pendant longtemps, en voyant que cette complication avait pour siège exclusif le système nerveux, on croyait devoir faire remonter la cause à une lésion quelconque d'un ou de plusieurs filets de ce système. Tantôt c'était une blessure d'un nerf qu'on accusait; d'autres fois c'était un

serrement ou un pincement d'un nerf par des ligatures ou des sutures.

Or il est actuellement bien établi que le tétanos est une affection d'origine microbienne ; il y a plus, on est parvenu à isoler ce microbe, et à en rechercher les caractères morphologiques et biologiques.

Le microbe du tétanos, qui a surtout été bien étudié par le Dr Nicolaier, est un bacille se présentant sous forme de fins bâtonnets, parfois disposés en filaments, le plus souvent constituant des amas irréguliers. Ce qu'il y a de particulièrement caractéristique de ces microbes, c'est le mode de formation de leurs spores : le bacille commence par s'épaissir dans toute son étendue, puis l'une des extrémités gonfle plus fort et il s'y forme une spore ovale, nettement délimitée, d'un aspect brillant, ayant bientôt trois ou quatre fois l'épaisseur du bacille, qui reste mince. Le microbe, ainsi muni d'une spore, prend la forme d'une épingle à grosse tête ou d'une baguette de tambour.

On est parvenu à cultiver le bacille du tétanos, mais sa culture rencontre de très grandes difficultés, parce qu'il est toujours mélangé à de grandes quantités de microbes d'autres espèces et que sa multiplication est entravée ou même complètement arrêtée par la naissance plus rapide et plus vivace de ces derniers.

On a trouvé ce microbe dans le pus et d'autres sécrétions de plusieurs tétaniques.

Le bacille du tétanos est très répandu dans le monde extérieur. On le rencontre particulièrement dans les couches superficielles des terrains des endroits habités ; cependant il ne manque pas absolument dans les terres vierges ni dans les couches profondes du sol. Il a son siège de prédilection dans les balayures et la poussière des rues et des habitations. On pourrait s'étonner que, ce bacille étant si répandu, le tétanos ne soit pas plus fréquent ; mais il faut remarquer que c'est un microbe anaérobie, c'est-à-dire qu'il ne supporte pas l'oxygène, de

sorte que l'infection par les plaies superficielles, dans lesquelles l'air arrive facilement, est entravée par la présence de l'oxygène atmosphérique.

Nous devons à la vérité de dire que, jusqu'ici, une des preuves principales du caractère pathogène de tout microbe est encore très insuffisamment fournie pour le bacille du tétanos. En effet, les expériences instituées pour reproduire le tétanos par l'inoculation du microbe de Nicolaier semblent avoir très souvent échoué.

On ne peut cependant pas en conclure que ce microbe ne soit pas l'agent pathogène de la maladie. D'une part, en effet, on trouve toujours ce bacille dans les plaies de l'homme ou des animaux morts du tétanos; d'autre part, il peut y avoir eu diminution rapide de la virulence, qui ne se conserve intacte que dans certaines conditions qui nous sont encore inconnues. Il est certain que le tétanos perd rapidement sa virulence sous l'influence de l'air, de la lumière et de la chaleur. Des expérimentateurs ont montré que si on inocule de la terre dans laquelle on soupçonne la présence du bacille tétanique, on peut reproduire la maladie, pourvu que l'inoculation se fasse aussitôt après qu'on a recueilli cette terre. Il suffit de pulvériser ce fragment de terre sur une feuille de papier et de le laisser pendant 24 heures dans l'atmosphère du laboratoire pour qu'il ne donne plus le tétanos.

D'après le professeur Verneuil, le bacille du tétanos aurait toujours une origine équine, c'est-à-dire que cette maladie se transporte du cheval tétanique à l'homme blessé, soit directement, soit indirectement par des objets tétanifères souillés par le cheval. Tout en admettant que la terre est souvent l'origine du tétanos, le chirurgien français soutient qu'elle doit sa virulence à sa souillure par le cheval tétanique, et que, dans cette double virulence du cheval et de la terre, la priorité appartient au cheval.

Ce qu'il y a de plus certain dans l'étiologie du tétanos, c'est la contamination des plaies par des parcelles de

terre en contact avec elles, soit directement, comme lorsque la plaie a traîné sur le sol, soit indirectement, lorsqu'elle a été contaminée par des linges ou vêtements souillés eux-mêmes par du terreau. Le cheval qui couche dans sa litière ou dans une prairie porte de la terre sur la peau, dans son sabot, sur sa ferrure, et on peut expliquer ainsi qu'il est tétanifère, puisque ses poils sont souvent couverts de boue et que ses pieds en ont toujours. Une plaie cutanée produite chez un homme par un coup de pied de cheval pourra donc être suivie du tétanos, comme une plaie dans laquelle restera une écharde de bois ayant d'abord traîné sur le sol. En y réfléchissant, on voit combien sont multiples les occasions de contamination par la terre : les mains des cultivateurs, jardiniers, garçons d'écurie, palefreniers, cavaliers, en sont tachées constamment, s'ils ne prennent pas de grands soins de propreté. Un blessé ou les premières personnes qui touchent une plaie peuvent y porter des fragments de terre. On comprend même à la rigueur qu'une plaie par arme à feu puisse donner le tétanos quand le projectile a traversé des objets de vêtement souillés eux-mêmes par la terre, comme cela arrive toujours aux soldats en campagne, qui couchent sur le sol et qui ont de la boue à leurs habits. Dans les pays chauds, où l'on attribue au froid de la nuit le tétanos observé chez des personnes qui passent la nuit en plein air, chez les enfants surtout, il est probable que le décubitus sur la terre et la contamination par celle-ci ont plus d'action que le froid et l'humidité.

Nous manquons de recherches sur les moyens propres à tuer le bacille tétanique. Il semble que celui-ci offre peu de résistance aux agents extérieurs.

En attendant, c'est donc surtout aux grands soins de propreté qu'il faut s'attacher pour prévenir le développement du tétanos. Une attention particulière doit être donnée aux mesures qui permettent d'éviter la contamination des blessés et des opérés par de la terre ; cette

précaution s'impose principalement s'il y a ou s'il y a eu des cas de tétanos dans la localité.

Microbe de la pneumonie.

Depuis longtemps déjà on soupçonnait la nature parasitaire de la pneumonie. Ce n'est que dans ces dernières années que les expérimentateurs sont parvenus à des résultats assez démonstratifs. La question n'est pas encore définitivement tranchée ; cependant il est extrêmement probable que le microbe découvert par les Drs Fraenkel et Weichselbaum, et étudié par Sternberg, Babes, Netter, etc., est bien l'agent pathogène de la pneumonie. Il reste seulement quelques points à élucider dans l'histoire de ce micro-organisme.

La théorie nouvelle sur la nature de la pneumonie est en général difficilement acceptée par les cliniciens purs. L'objection les plus sérieuse qu'on lui oppose est que cette affection résulte très souvent de l'action du froid. Il serait difficile de nier qu'un refroidissement ne soit très souvent — mais pas toujours — le point de départ de la pneumonie; reste à voir si ce fait ne peut pas s'accorder avec la notion microbienne de la maladie. Or rien n'est plus facile. Les essais d'inoculation ont démontré que le microbe de Fraenkel et Weichselbaum rencontrait chez un certain nombre d'animaux une grande résistance, qui empêchait ou entravait l'infection. Il résulte de diverses observations cliniques que l'homme doit être rangé parmi les animaux résistants. D'autre part, dans les expériences de laboratoire, il a été reconnu qu'on pouvait diminuer ou même faire disparaître cette résistance, en soumettant les sujets à des influences extérieures, telles que le refroidissement, l'inanition, le surmenage, les soustractions sanguines. Il est donc probable, pour ne pas dire certain, que le froid agit chez l'homme en diminuant sa résistance à l'action du microbe pneumonique et en favorisant l'implantation et la germination de celui-ci dans l'organisme humain.

C'est ainsi que s'expliquent encore les pneumonies qui se déclarent, soit à la suite de violences traumatiques (coups, blessures du thorax, fractures des côtes, etc.), soit dans le cours de maladies graves, telles que la rougeole, la grippe, le typhus. Ici encore le terrain organique est modifié de telle sorte que le microbe est à même de développer toute son action et que les résistances qu'il rencontre sont considérablement atténuées.

Il est à peu près certain que la pneumonie peut se transmettre par contagion ; c'est ainsi que s'expliquent ces cas plus ou moins nombreux qui s'observent presque simultanément dans des maisons particulières ou chez certaines personnes habitant le même appartement.

Les exemples d'épidémie de pneumonie ne sont pas rares non plus. Depuis longtemps les écrits des anciens ont signalé des épidémies sous le nom de pneumonies pestilentielles, malignes, putrides, typhoïdes, qui auraient même ravagé de grandes étendues de territoires. Il n'est pas établi qu'il s'agissait là de véritables pneumonies. Mais de nos jours on a observé, d'une façon plus certaine, des épidémies restreintes de pneumonie. C'est en Allemagne, en Amérique et en Angleterre qu'elles ont été le mieux décrites. Les ouvrages classiques renferment de nombreux exemples de ces épidémies qui envahissaient des prisons et des casernes, des villages, des maisons particulières ou même des villes entières.

Le microbe pneumonique se présente, lorsqu'on l'examine dans des cultures, sous forme de cellules arrondies ou ovales, ordinairement accolées par couples, quelquefois agglomérées en chaînes de 4, 10, 20 et même 30 individus. Les microbes qu'on retire de l'organisme ont une forme plus allongée et prennent souvent l'aspect d'une lance ou d'une flamme de bougie. Ils sont la plupart du temps entourés d'une espèce de capsule, qui n'est cependant pas un caractère distinctif.

On retrouve ce même organisme dans la très grande

majorité des pneumonies; mais il se présente souvent dans d'autres maladies. Il est intéressant de noter que l'étiologie de plusieurs de ces dernières affections restait entourée de beaucoup d'obscurité. Il est vraisemblable qu'elles ont un lien de parenté très étroit avec la pneumonie ; ce serait le même microbe, sa localisation organique varierait seulement sous l'influence de causes encore inconnues.

Le microbe de Fraenkel et Weichselbaum a été retrouvé assez fréquemment chez l'homme sain, notamment dans les liquides de la bouche. Il est probable qu'il peut rester à l'état latent dans l'organisme, tant qu'il ne survient aucune circonstance qui favorise sa pénétration, son implantation et sa multiplication dans le poumon.

On l'a également rencontré en dehors de l'organisme, notamment dans la poussière des appartements, et plus particulièrement encore dans l'entrevous de certaines habitations. Emmerich a recueilli la poussière des parquets d'une prison dans laquelle on avait observé, du mois de janvier au mois de juin, 261 cas de pneumonie, dont 46 décès. Il a inoculé cette poussière à des animaux et a produit une pneumonie ; il a obtenu le même effet par l'inhalation. A la suite de cette constatation, on a lavé et désinfecté les parquets de la prison, et la pneumonie a disparu.

Nous avons déjà dit que l'on a réussi à provoquer la manifestation de la pneumonie chez des animaux auxquels on avait inoculé des cultures pures du microbe de Fraenkel et Weichselbaum. Mais si on a affaire à une espèce animale résistante, il faut préparer le terrain pour que le microbe puisse s'y développer.

Nous ne connaissons rien encore des moyens de tuer le microbe pneumonique. Il est donc impossible de poser les règles d'une prophylaxie particulière; il faut s'en tenir aux règles générales de toute prophylaxie, à savoir l'isolement relatif du malade, l'éloignement des expectora-

tions pneumoniques, qui sont soupçonnées renfermer le germe pathogène. Puisque ce microbe existe très fréquemment dans les liquides buccaux des personnes saines, il peut être utile de désinfecter aussi soigneusement que possible la bouche et ses anfractuosités, notamment les amygdales.

Microbe de la diphtérie.

Il est peu de maladies qui, par leurs caractères cliniques et surtout par leur extrême contagiosité, doivent, autant que la diphtérie, faire soupçonner l'existence d'un microbe pathogénique. Et cependant, jusque dans ces dernières années, toutes les recherches avaient été vaines. Ce n'est qu'en 1884 que Löffler est parvenu à isoler un micro-organisme qui semble bien devoir être l'agent spécifique de la maladie. Et encore cette découverte n'est-elle pas admise par tous les microbiologistes.

Ce microbe se rencontre sous forme de petits bâtonnets, rectilignes ou incurvés à une de leurs extrémités. Les plus grands sont composés de plusieurs segments. A leurs extrémités ils présentent un léger épaississement. Parfois ces extrémités sont plus colorées que le corps du bacille.

Les expériences faites par Löffler pour établir les propriétés pathogéniques de son bacille sont nombreuses. Elles ont été reproduites par Roux, Yversin, Babes et d'autres, qui ont établi qu'on retrouve ce microbe dans les fausses membranes diphtéritiques. Elles ont démontré également qu'on pouvait, par l'inoculation aux animaux, reproduire la maladie avec tous ses caractères cliniques.

Il paraîtrait que le bacille de Löffler a été plusieurs fois retrouvé dans la cavité buccale de personnes saines. On n'a pu constater son existence en dehors de l'organisme humain.

Les recherches expérimentales sur les moyens de tuer ce micro-organisme sont encore très clairsemées. Il paraît

cependant qu'il meurt si on le laisse pendant une demi-heure dans de l'eau dont la température a été élevée à 60°. Les Drs Chantemesse et Widal ont fait quelques expériences pour étudier l'influence des antiseptiques. Le mélange auquel ces auteurs donnent la préférence est le suivant : 25 grammes de glycérine, 5 grammes d'acide phénique pur et 20 grammes de camphre. Ce remède peut être employé pour guérir l'angine diphtéritique. A cet effet, on pratique toutes les heures des lavages de la gorge avec de l'eau phéniquée ; on nettoie les parties malades avec un tampon de ouate assez dure pour enlever les fausses membranes ; on applique le mélange antiseptique sur la muqueuse mise à nu.

Il n'est pas douteux que la cure d'un foyer atteint de diphtérie dépend non seulement de l'antiseptique, mais aussi des soins et de l'habileté du médecin qui fait le pansement. L'énergie qu'on apporte à enlever les fausses membranes, les grands lavages, le pansement local fréquent, même avec un antiseptique médiocre, constituent des éléments de succès auxquels on ne saurait donner une trop grande part.

Pour empêcher la propagation de la diphtérie, il faut s'en tenir aux règles de prophylaxie générale : isoler le malade, éviter le transport des fausses membranes ou des débris de fausses membranes sur les muqueuses d'une personne saine, employer les antiseptiques non seulement pour guérir le malade, mais aussi pour diminuer les dangers de contagion en détruisant, autant que possible, les germes pathogènes.

Microbe du typhus.

Nous ne parlerons ici que de la fièvre typhoïde, qui est la forme la plus fréquente sous laquelle se présente le typhus dans nos contrées.

C'est le Dr Eberth qui a le mieux étudié le microbe du typhus, auquel il a attaché son nom.

Ce microbe est un bacille mince, ovoïde, allongé, terminé par des extrémités arrondies, comme des aiguilles émoussées à leurs deux bouts. Ce micro-organisme est animé d'un mouvement rapide, qu'on utilise pour le diagnostic. Il se développe déjà bien à la température ordinaire, mieux à la chaleur du corps, et se laisse cultiver facilement.

La présence de ce micro-organisme à l'intérieur du corps dans la fièvre typhoïde est un phénomène constant; de plus, il ne s'observe que dans cette affection, et on ne l'a trouvé jusqu'ici dans aucune autre maladie, malgré les recherches les plus soigneuses.

Ce microbe ne se rencontre pas dans les complications ; on sait aujourd'hui que celles-ci sont, pour la plupart, causées par des invasions d'autres microbes, parmi lesquels le staphylococcus pyogène occupe la première place. Ces invasions secondaires s'opèrent par les nombreuses solutions de continuité qui se créent de tous côtés et qui sont autant de brèches par lesquelles l'ennemi pénètre dans la place (plaies de l'intestin, fissures de la langue, plaies survenant sur le siège par suite du séjour prolongé au lit, irritations de la langue et du pharynx). L'apathie des malades et souvent le manque de soins favorisent encore cet envahissement, dont les effets sont d'autant plus redoutables que la nutrition générale subit partout une atteinte grave. Les conclusions sont faciles à en tirer : en surveillant soigneusement toutes ces portes ouvertes aux microbes, le médecin parviendra à éviter bien des complications dangereuses.

Pour établir définitivement la démonstration de l'action spécifique du bacille d'Eberth, il serait à désirer qu'on pût, à l'aide de cultures pures, inoculer la maladie. Malheureusement on ne connaît pas d'espèces animales prenant spontanément la fièvre typhoïde, de sorte que la démonstration de ce point est entourée de difficultés considérables. Malgré le peu de chances de réussite que présen-

tait le problème, de nombreux essais ont pourtant été tentés. Mais, à part les expériences assez récentes de Chantemesse et Widal, toutes les tentatives pour reproduire la fièvre typhoïde par l'inoculation ont échoué.

C'est surtout avec les déjections que le bacille quitte le corps humain. Ce fait, démontré un grand nombre de fois par les cultures, s'explique de lui-même. En effet, comme l'infection se fait par l'intestin, il n'est pas étonnant qu'on en retrouve le germe dans les déjections, d'autant plus que ces sécrétions constituent un milieu favorable à son développement. Les urines en contiennent également, surtout quand elles sont riches en albumine. Les mucosités bronchiques et les sudamina de la peau en renferment aussi dans certains cas. De plus, on a constaté sa présence dans le lait d'une nourrice.

Quant à l'air expiré, on peut sans crainte affirmer qu'il n'en renferme jamais.

La voie d'introduction du bacille typhique chez l'homme est certainement le tube digestif. Mais il faut une prédisposition de l'intestin, une irritation préalable.

Il est donc très vraisemblable que le transport des bacilles se fait surtout par l'alimentation. Les aliments et l'eau potable peuvent être imprégnés de quantités abondantes de bacilles typhiques. Les cas où l'on a pu retrouver le bacille d'Eberth dans l'eau potable des localités envahies par le typhus, deviennent chaque jour de plus en plus nombreux.

Souvent les déjections des malades arrivent sur les terrains consacrés à la culture, jardins, campagnes, champs d'irrigation, et de là les bacilles sont transportés dans les habitations par les produits de la terre ou par l'homme lui-même. Ils peuvent alors, par suite d'innombrables manipulations, de circonstances particulières, tomber sur un terrain favorable, s'y développer et donner lieu à une transmission ultérieure de la maladie.

Le bacille de la fièvre typhoïde est d'autant plus dange-

reux qu'il trouve facilement, en dehors de l'organisme, le moyen de se conserver intact et de se multiplier. Il se développe dans les infusions faites au moyen de plantes, dans l'urine, dans le lait, et même dans l'eau de source et l'eau d'égout. Chantemesse et Widal ont constaté qu'il avait conservé sa vitalité après avoir séjourné plusieurs mois dans une bouteille d'eau de rivière. Dans l'eau gazeuse, on l'a retrouvé vivant après plusieurs semaines. Une congélation de courte durée ne suffit pas pour le tuer.

On croyait jusque dans ces derniers temps qu'on pouvait, au moyen de certains antiseptiques, désinfecter à volonté le tube digestif et y tuer les microbes qui y pullulent depuis l'estomac jusqu'au rectum. Parmi ces substances, le mercure, surtout sous forme de calomel, jouissait du plus de crédit. Or l'expérience, comme cela arrive souvent, est venue encore une fois renverser les idées les plus rationnelles.

Il faut donc renoncer à exterminer ces micro-organismes dans le tube intestinal même. A-t-on au moins le pouvoir de les atteindre dans les déjections ? Combien de médecins, après avoir ordonné de verser dans les selles un peu d'acide phénique ou de sulfate de fer, sont persuadés qu'ils ont arrêté la propagation de la maladie à son origine même ! Mais l'expérience nous apprend que, pour désinfecter sûrement les selles des typhiques, il faut ajouter une quantité égale de solution d'acide sulfurique à 10 p. c. ou d'acide phénique à 5 p. c., et laisser le mélange en contact pendant trois jours.

Le bacille se laisse mieux tuer dans les liquides de culture que dans les selles, mais sa résistance est encore là très considérable. La cause de cette différence réside surtout dans les particules solides agglomérées des déjections, particules au sein desquelles les désinfectants ont de la difficulté à pénétrer. Il est, en outre, probable que les selles renferment le bacille sous la forme de

spore, laquelle, comme on le sait, se laisse moins facilement attaquer que la forme végétative.

Quant à l'action désinfectante de la chaleur, on a constaté qu'une température de 60° à 90° ne suffit pas pour faire perdre à ce microbe sa vitalité. Par contre, soumis à une chaleur de 100°, il ne se multiplie plus.

Le bacille d'Eberth supporte bien la sécheresse. Après une dessiccation de quatre mois, il fournit encore des colonies. Enfin, il présente également une résistance remarquable à la putréfaction.

Si le bacille est doué d'une si grande vitalité et se laisse si peu influencer par les agents extérieurs, il ne faut pas s'étonner que la propagation de la fièvre typhoïde se fasse si facilement par voie indirecte, et que l'on puisse rattacher des épidémies actuelles à d'autres, éteintes depuis des mois et des années, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une nouvelle importation de germes.

De ces considérations il résulte qu'il ne faut pas trop compter sur les désinfectants pour empêcher l'extension des épidémies de fièvre typhoïde. On obtiendra plus sûrement ce résultat en éloignant soigneusement et promptement les déjections des malades, en les faisant arriver dans les égouts des habitations, en veillant à un entretien minutieux de la canalisation, surveillant la pureté de l'eau potable et, au besoin, en faisant bouillir celle-ci, si on a des raisons de craindre qu'elle ne soit infectée. En cas d'épidémie, il n'est pas moins utile de soumettre à la cuisson tous les aliments qui pourraient être contaminés par le bacille de la fièvre typhoïde (fruits, salades, lait, etc.). Il va sans dire que toutes les autres précautions, telles que lavage des linges de corps et des literies souillées, désinfection ou lavage des parquets de la chambre des malades, etc., doivent être prises. Par contre, les fumigations sulfureuses ou autres, destinées à purifier l'air, peuvent être considérées comme absolument superflues.

Microbe du choléra (1).

Endémique dans l'Inde, dans le delta du Gange, le choléra asiatique passe presque constamment par l'Égypte avant de venir en Europe, où il a fait, en Italie, en France et en Espagne, en 1884-1885, sa dixième apparition depuis le commencement du siècle. Ses ravages ont toujours été en s'amoindrissant depuis la première grande épidémie de 1832.

Le caractère étiologique de la maladie, le transport de l'élément contagieux par les voyageurs, par les caravanes de la Mecque et par des navires infectés, la contagion très évidente des linges salis par les déjections, la formation de milieux contaminés et d'endémies locales de maisons, de grands établissements hospitaliers et de prisons, ont fait depuis longtemps penser à l'existence d'un microbe.

C'est en 1883 que le Dr Koch découvrit le microbe du choléra dans le cours de la mission dont il fut chargé par le gouvernement allemand en Égypte et aux Indes.

Ce microbe se présente sous forme de petit bâtonnet, habituellement un peu courbé en arc ; ses bords sont lisses et ses extrémités sont mousses, un peu appointées ou épaisses. Souvent deux bacilles sont adjacents, l'un placé au bout de l'autre, et incurvés tous les deux de telle sorte que la convexité de l'un fasse suite à la concavité de l'autre, de façon à représenter la lettre *S*. Ce sont ces bacilles qui sont les plus caractéristiques ; ils ressemblent à des virgules, d'où leur nom de kommabacilles ou bacilles en virgule.

Les virgules cholériques sont douées de mouvements très vifs. Le bacille de Koch se multiplie avec une rapidité énorme, lorsque l'oxygène et l'humidité ne lui font pas défaut. Mais, d'autre part, ses végétations arrivent bien vite

(1) Voir notre article *Le Choléra*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1885.

à leur apogée pour diminuer ensuite rapidement. C'est ainsi que, ensemencée sur une surface renfermant d'autres microbes, la virgule cholérique se multiplie si vite qu'au bout de 24 heures elle est en immense majorité, tandis que les autres restent stationnaires ; mais dès le troisième ou le quatrième jour, les rapports sont renversés : les virgules disparaissent et les autres bactéries reprennent leur place. Cette expérience donne l'image de ce qui se passe pendant cette maladie dans les selles et à la surface de l'intestin, où les bacilles disparaissent complètement quelques jours après le début de l'attaque cholériforme. Les virgules se développent le mieux à une température de 30° à 40°. Le froid ne les tue pas, mais les engourdit ; seulement elles peuvent sortir plus tard de leur engourdissement et reprendre toute leur activité.

La dessiccation tue les germes avec une facilité extraordinaire. Le Dr Koch, pour s'en assurer, a étalé sur de la toile humide des déjections cholériques. Des fragments de cette toile ont été desséchés pendant un espace de temps variable de quelques heures. L'examen et la culture de ces morceaux de toile ont toujours fait voir que les bacilles étaient frappés de mort complète.

Le bacille-virgule est-il réellement la cause du choléra ? Il n'en faut pas douter : la preuve a été faite d'une façon positive par l'inoculation à des animaux (cobayes), de même que par la manifestation du choléra chez des personnes ayant ingéré des aliments ou des boissons contenant des microbes. Un des exemples les plus probants à cet égard est celui d'un médecin allemand qui s'était rendu au laboratoire du Dr Koch pour s'initier à la recherche du bacille-virgule dans les déjections humaines. Arrivé à Berlin atteint d'un dérangement des voies digestives, il devint tout à fait malade à la fin de son séjour dans la capitale de l'Allemagne. A peine revenu chez lui, ce praticien fut pris d'une véritable cholérine ; trop malade pour procéder lui-même à une recherche microbiologique, il envoya un

échantillon de ses déjections au Dr Koch, qui y trouva d'abondants bacilles, que l'on put cultiver et multiplier. Ce fait est d'autant plus démonstratif qu'il n'existait en ce moment aucun cas de choléra à Berlin.

Il n'est pas possible de découvrir dans tous les cas le point de départ du choléra; mais son introduction en Europe a toujours coïncidé avec des pèlerinages, des mouvements de troupes, etc.; il est toujours venu du delta du Gange, et en particulier du sommet du delta qui est sa patrie. La partie inférieure du fleuve est, en effet, inhabitable en raison de sa configuration géographique et de la gravité des fièvres intermittentes. Une autre partie de cette contrée possède une population très dense. Au-dessous de cette région, les eaux stagnantes du Gange sont infectées de déjections de tout genre et présentent des conditions exceptionnellement favorables pour le développement du choléra. C'est précisément à cette limite de la partie habitée que le choléra est endémique, et c'est de là, c'est-à-dire du Bengale, qu'ils nous vient toujours. Dans cette partie du delta du Gange, les eaux couvrent presque la terre. Quand on y bâtit une maison, on prend de la terre pour élever le niveau du sol, et la maison se trouve entourée de flaques d'eau. La température élevée de cette région favorise la multiplication des bacilles. L'assainissement du sol tend à les faire disparaître; des conduites d'eau et de drainage pratiquées autour de Calcutta ont diminué le choléra dans une grande proportion.

Quant au mode de propagation de cette maladie, il est certain que les relations des hommes entre eux constituent le facteur principal de ce fait. Il est très peu probable que le bacille du choléra puisse se diffuser dans l'atmosphère et être charrié avec l'air, comme d'autres corpuscules organiques ou inorganiques, d'autant plus qu'il ne supporte pas la dessiccation.

Les recherches du Dr Koch ont prouvé également que le virus pénètre dans l'organisme humain principalement

par les voies digestives, soit avec les aliments, soit avec les boissons. Les virgules se mêlent à l'eau, s'infiltrent dans le sol, se répandent ainsi sur les objets les plus divers et peuvent être transportées au loin. Là où l'eau stagne, dans les marais, les ports sans décharge, les cours d'eau lents, les conditions nécessaires à une végétation microbienne se réalisent aisément. Là au contraire où l'eau se renouvelle avec rapidité, la vie pour les microbes devient impossible.

La multiplication des bacilles se fait particulièrement bien dans les eaux stagnantes ou autour des bouches de décharge des égouts et des détritus des animaux ou végétaux. Il est souvent arrivé au Dr Koch de trouver des légions de micro-organismes sur des restes de plantes et tout à l'entour, tandis que plus loin ils faisaient complètement défaut.

Une eau infectée, ajoutée en quantité suffisante à du lait, ou servant à laver les vases et les ustensiles de cuisine, peut provoquer une abondante pullulation de germes cholériques. D'autres fois l'eau contaminée par la présence de bacilles sert à laver, à arroser des fruits, des légumes qui se mangent frais, des salades sur lesquelles ils se conservent parfaitement.

Le Dr Koch a constaté aussi qu'il suffit de déposer une petite quantité de matières intestinales d'un cholérique, renfermant peu de virgules, sur du linge mouillé et placé dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, pour obtenir en 24 ou 36 heures une exubérante multiplication de ces micro-organismes. Ils recouvrent alors par leur masse presque toute la surface du linge. On comprend sans peine les dangers qui résultent, au point de vue de la contagion, de cette pullulation si facile des bacilles à la surface du sol humide et sur des objets de literie, qui sont si sujets à être souillés par les déjections des malades.

Enfin le savant bactériologue de Berlin croit que les mouches et d'autres insectes, en volant de maison en

maison, peuvent transporter le virus sur les aliments et servir ainsi d'intermédiaire à la contagion.

Si le germe du choléra ne pénètre dans notre organisme ni par la peau, ni par les poumons, mais seulement par les voies digestives, nous pouvons assez bien nous défendre, et par des mesures assez simples, car le contact du cholérique n'est pas dangereux par lui-même; ce qui est dangereux, c'est, quand on a souillé ses mains, de ne pas les laver et les désinfecter soigneusement. Ce qui est dangereux, c'est de boire ou de manger des aliments contaminés.

Pour que le bacille-virgule se développe dans un milieu, celui-ci doit présenter une réaction alcaline ou neutre. La moindre trace d'acide s'oppose à sa multiplication; à dose suffisante, les acides le tuent irrémédiablement.

Il existe de nombreuses substances chimiques qui tuent le bacille du choléra ou, tout au moins, en empêchent la multiplication. La végétation de ce microbe est arrêtée par l'alun à 1 p. 100, le camphre à 1 p. 300, l'acide phénique à 1 p. 400, l'essence de menthe poivrée à 1 p. 2000, le sulfate de cuivre à 1 p. 25 000, le sublimé corrosif à 1 p. 100 000.

Il est facile de déduire des considérations qui précèdent les mesures prophylactiques à opposer au choléra. Voici comment le Dr Koch les a formulées lui-même dès l'année 1885 :

1° Mesures qui détruisent directement les matières infectieuses: désinfection des selles, destruction ou désinfection à fond du linge, etc.

2° Mesures sanitaires pour éloigner les substances infectieuses des habitations: canalisation, approvisionnement de bonne eau potable et ménagère, etc.

3° Faire exercer sur la population un contrôle par des personnes compétentes pour diagnostiquer les premiers cas le plus vite possible et pour étouffer l'épidémie au berceau. Il faut isoler les malades, ou tout au moins il

faut agir de manière qu'une importation du principe contagieux d'un endroit à un autre soit impossible. Il faut abandonner les maisons envahies, c'est-à-dire en faire sortir et surveiller les habitants qui sont en bonne santé.

4° Instruire le public. Cette instruction doit contribuer à rassurer la population. Il faut appeler l'attention du public sur les dangers qui résultent d'une nourriture malsaine, par exemple d'aliments crus, de l'eau de puits non bouillie, et il faut surtout prémunir le public contre l'usage du linge souillé.

Microbe de la tuberculose (1).

Nous avons dit, dans un précédent article, que le microbe de la tuberculose, découvert par le Dr Koch en 1882, était un bacille, se présentant sous forme de bâtonnet de 1 1/2 à 3 1/2 millièmes de millimètre, ordinairement légèrement plié ou incurvé. Il contient fréquemment des spores.

Nous rappelons que ce microbe se rencontre régulièrement et exclusivement dans la tuberculose, qu'il a pu être cultivé et isolé et que l'on peut, par son inoculation, reproduire la maladie chez les animaux.

Le bacille tuberculeux a été retrouvé dans toutes les manifestations de la maladie : granulations de la tuberculose pulmonaire, expectorations des phtisiques, ulcères tuberculeux de la langue, tuberculose des articulations, des os, de la peau, etc.

Ce microbe est un véritable parasite, qui ne saurait pas se multiplier en dehors de l'organisme vivant. Mais, par contre, il se conserve très longtemps dans les milieux extérieurs, en gardant toutes ses propriétés virulentes. Cette conservation est assurée par la présence des spores, qui montrent une très grande résistance aux causes de

(1) Pour les détails, voir notre article *Microbes et phtisie*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1885.

destruction ; ces spores gardent leur virulence en dehors de l'organisme. Si elles ne peuvent se multiplier dans les milieux ambiants, elles peuvent y séjourner longtemps sans rien perdre de leur puissance.

La dessiccation même n'est pas un agent de destruction du bacille tuberculeux ; elle est, tout au contraire, le facteur principal de sa dissémination. Desséché, le crachat s'effrite, se divise à l'infini, voltige dans l'air sous forme de particules très petites, qui retombent peu à peu par leur propre poids et se déposent sur les objets qui nous entourent.

Nous savons que l'air dans lequel séjournent des phtisiques peut contenir des bacilles, du moins si les malades n'ont pas l'habitude de se servir de crachoirs pour y déposer leurs expectorations.

L'absorption du virus tuberculeux par l'inhalation est indubitablement la voie par laquelle les individus sains sont le plus fréquemment infectés. Dans des cas rares, l'introduction des bacilles peut avoir lieu par des plaies de la peau. Parfois les animaux atteints de tuberculose peuvent être la source d'infection ; le lait et la viande servent alors de voie de propagation. Pourtant, d'après certains auteurs, la transmission de la maladie par le lait de la vache n'est possible que lorsqu'il existe une affection tuberculeuse des glandes mammaires.

La chaleur sèche détruit la virulence du bacille à 100°. La chaleur humide a une action plus rapide et plus efficace. Le sublimé corrosif exerce, sur le bacille de la tuberculose, une action germicide puissante ; seulement, comme nous l'avons dit, il ne reste pas dissous dans les expectorations, à cause de la présence de l'albumine dans ces matières. L'acide phénique est un excellent désinfectant, pourvu qu'on l'emploie à la dose de 4 à 5 p. c. L'acide salicylique, l'acide acétique, l'ammoniaque, l'éther, l'alcool n'ont qu'une efficacité relativement faible. L'iodoforme, l'acide fluorhydrique, l'hydrogène sulfuré sont sans valeur réelle.

Le sulfate de fer en solution à 4 p. c., le sulfate de zinc à 20 p. c., le chlorure de chaux à 20 p. c., la térébenthine et le permanganate de potasse à la même dose, le savon de potasse à 8 p. c. possèdent une action intense sur le bacille tuberculeux.

Des considérations que nous venons d'exposer, il est facile de déduire les mesures prophylactiques à prendre pour diminuer la propagation de la tuberculose. Nous les résumerons en reproduisant les principales conclusions formulées par la commission permanente du Congrès de Paris (1888) pour l'étude des questions relatives à la tuberculose : La viande crue, la viande peu cuite, le sang, pouvant contenir le germe vivant de la tuberculose, doivent être prohibés. Le lait, pour les mêmes raisons, ne doit être consommé que bouilli.

La mère tuberculeuse ne doit pas nourrir son enfant.

Le germe de la tuberculose se transmettant, le plus souvent, du phtisique à l'homme sain par les crachats, le pus, les mucosités desséchées et tous les objets chargés de poussières tuberculeuses, il faut, pour se garantir contre la transmission de la tuberculose :

1° Savoir que, les crachats des phtisiques étant les agents les plus redoutables de transmission de la tuberculose, il y a danger public à les répandre sur le sol, les tapis, les tentures, les rideaux, les serviettes, les mouchoirs, les draps et couvertures ;

2° Être bien convaincu, en conséquence, que l'usage des crachoirs doit s'imposer partout et pour tous.

Les crachoirs doivent toujours contenir de l'eau, pure ou additionnée d'un désinfectant (acide phénique à 5 p. c.) ; ils seront vidés dans le feu et nettoyés à l'eau bouillante ; ils ne peuvent jamais être vidés ni sur les fumiers, ni dans les jardins, où ils peuvent tuberculiser les volailles, ni dans les latrines ;

3° Ne pas coucher dans le lit d'un tuberculeux ; habiter le moins possible sa chambre, mais surtout ne pas y faire coucher les jeunes enfants ;

4° Éloigner des locaux habités par les phtisiques les individus considérés comme prédisposés à contracter la tuberculose : sujets nés de parents tuberculeux, ou ayant eu la rougeole, la variole, la pneumonie, des bronchites répétées, ou atteints de diabète, etc. ;

5° Ne se servir des objets qu'a pu contaminer le phtisique (linges, literies, vêtements, objets de toilette, tentures, meubles, jouets) qu'après désinfection préalable (étuve sous pression, ébullition, vapeurs soufrées, peinture à la chaux) ;

6° Obtenir que les chambres d'hôtel, maisons garnies, chalets ou villas occupés par les phtisiques dans les villes d'eaux ou les stations hivernales, soient meublés et tapissés de telle manière que la désinfection y soit faite facilement et complètement réalisée après le départ ou le décès de chaque malade.

Comme il est à craindre que, de longtemps, on n'obtiendra pas l'observance de ces règles, d'une importance si grande, il faut en attendant, pour diminuer les ravages de la phtisie, s'attacher à modifier le terrain organique des individus prédisposés à contracter cette maladie : hygiène sévère, séjour à la campagne ou sur les hautes montagnes, soins de la peau, régime tonique, gymnastique, exercice en plein air, etc. (1)

Microbe de la fièvre intermittente.

Ce microbe appartient à une classe spéciale de microorganismes qu'on appelle les protozoaires, et qui, contrai-

(1) Nous étant placé, dans notre travail, exclusivement au point de vue prophylactique, nous ne parlons pas à dessein de la méthode de Koch pour guérir la tuberculose. Disons cependant que nous n'avons guère à retrancher de ce que nous avons avancé dans notre premier article. Cette découverte n'a certes pas répondu aux espérances de beaucoup de personnes. Mais n'avions-nous pas prévu la réaction exagérée à laquelle nous assistons ? Il n'est pas douteux que la tuberculine de Koch — tel est le nom donné à la lymphe qu'il a découverte — a produit dans certains cas des effets curatifs. Mais il est non moins certain que, pour devenir d'un usage plus général, elle doit être modifiée. C'est à quoi l'on travaille dans plusieurs laboratoires de bactériologie.

rement aux autres microbes, sont généralement considérés comme appartenant au règne animal.

Les fièvres intermittentes sont caractérisées, tout le monde le sait, par des accès qui reviennent ordinairement à heure fixe, tous les jours, tous les deux jours, tous les trois jours, et constituent ce qu'on appelle la fièvre quotidienne, la tierce, la quarte, etc...

Le microbe de la fièvre intermittente présente ceci de caractéristique, que presque toute son évolution s'accomplit à l'intérieur des globules rouges du sang.

Il est facile de suivre les diverses phases de son évolution :

1re phase. Le microbe se trouve à l'intérieur des globules rouges sous la forme d'une vacuole incolore, de configuration variée et changeant continuellement de forme. Peu à peu il augmente de volume et prend les aspects les plus bizarres, envoyant de fins prolongements, qui s'étendent, se raccourcissent et s'effacent pour apparaître en un autre point.

2e phase. Le microbe est devenu plus grand ; ses contours sont plus distincts ; il commence à contenir des granulations de pigment noir ; par contre, les changements de forme sont plus lents. Le globule rouge commence à s'altérer et à pâlir.

3e phase. Le microbe, ayant digéré toute la substance colorante du globule, perd ses mouvements et commence à se diviser. Le pigment s'accumule d'abord au milieu ; puis on voit apparaître des rayons qui divisent le pourtour en nombreux segments. Ces segments, d'abord intimement soudés, s'arrondissent ; d'ovales qu'ils étaient, ils deviennent ronds ; puis ils se séparent les uns des autres ; bientôt ils se détachent de la masse centrale et deviennent libres. Tout ce travail s'accomplit avec une grande rapidité et peut être observé au microscope.

Les jeunes parasites s'introduisent de nouveau dans d'autres globules rouges pour y recommencer le cycle qui vient d'être décrit.

Or, si on examine les globules rouges d'un malade atteint de fièvre intermittente, on constate que le moment où la fièvre se déclare correspond au moment où la division du microbe dans les globules se manifeste. Une fois l'accès passé, on ne rencontre que des microbes dans l'état constituant la première phase de leur existence, c'est-à-dire celui qui est caractérisé par le petit volume du parasite et par l'absence du pigment. Il y a en outre un rapport entre le nombre des parasites et l'intensité de l'accès. Quand les microbes sont nombreux, la fièvre est vive ; quand ils sont rares, il faut recourir au thermomètre pour constater une légère augmentation de la température du corps.

Les phénomènes que nous venons de décrire se manifestent dans ce qu'on appelle la fièvre tierce ; ils déroulent toutes leurs phases en deux jours.

Les microbes de la fièvre quarte sont un peu différents de ceux de la fièvre tierce ; leur évolution est plus lente : elle se fait en trois jours.

Le microbe de la fièvre quotidienne n'est pas différent de celui de la fièvre tierce. Mais, tandis que dans ce dernier type il n'existe qu'une seule génération de parasites, lesquels se trouvent sensiblement tous au même stade de leur évolution, dans le type quotidien on observe deux générations espacées d'un jour dans leur développement respectif, c'est-à-dire qu'une des générations commence son évolution lorsque la précédente vient de terminer la sienne, de sorte que l'accès se reproduit chaque jour.

Le microbe de la fièvre intermittente s'observe constamment dans cette maladie ; on ne l'a retrouvé nulle part ailleurs.

On a essayé de le cultiver ; on a employé à cet effet toute la série des milieux usités en bactériologie ; mais ces essais n'ont pas donné jusqu'ici de résultats satisfaisants. Par contre, on est parvenu à reproduire la maladie en

inoculant du sang d'un fiévreux à des personnes qui s'étaient offertes spontanément pour ce genre de recherches. Ces expériences ont été faites dans un hôpital de Rome situé dans un quartier où la fièvre intermittente est inconnue.

On a constaté, par l'examen microscopique, que les microbes de la fièvre intermittente disparaissent rapidement dans les cas ordinaires sous l'influence du sulfate de quinine, à telle enseigne qu'une seule dose suffit souvent pour qu'on ne les trouve plus dans le sang.

Ces notions sur le microbe de la fièvre intermittente n'ont jusqu'ici qu'un intérêt scientifique, et, tout au plus, diagnostique et thérapeutique. Mais, au point de vue prophylactique, elles n'ont encore conduit à aucune conclusion pratique. On n'est pas parvenu à isoler les microbes; on n'a donc pu essayer sur eux les agents de destruction dont l'hygiéniste dispose. On ne les a, du reste, pas encore trouvés en dehors de l'organisme, même dans les milieux auxquels la fièvre intermittente semble se lier intimement (marécages, eaux stagnantes). Il est donc impossible, pour le moment, de poser aucune règle pour la prophylaxie de la malaria. La seule mesure qui s'impose à ceux qui veulent éviter cette affection est l'éloignement des localités où elle est endémique.

Nous ne parlerons pas ici des microbes du charbon, de la morve, de l'actinomycose, de la lèpre, parce que ce sont des affections assez rares, au moins dans nos contrées.

Nous laissons également de côté d'autres affections certainement parasitaires, telles que la variole, la scarlatine, la rougeole, la coqueluche, la rage, parce que les microbes spécifiques de ces maladies ne sont pas encore connus. Les mesures prophylactiques propres à arrêter l'extension de ces processus morbides se confondent avec les règles générales que nous avons posées dans la première partie de notre travail.

La rage seule mériterait de nous arrêter; mais la méthode de Pasteur est suffisamment connue pour qu'il soit nécessaire de la décrire. Il serait téméraire de vouloir l'apprécier; jusqu'ici elle repose sur un trait de génie de ce grand savant plus que sur des données expérimentales. L'avenir nous apprendra si les notions microbiologiques, qui tôt ou tard seront découvertes, concordent avec ces vues purement théoriques.

Dr Mœller.

ÉPHÉMÉRIDES PLANÉTAIRES

DES CHALDÉENS

Dans deux articles précédemment publiés ici même (1) sous le titre : *L'Astronomie à Babylone,* nous nous sommes efforcé de montrer, d'après les découvertes des PP. Epping et Strassmaier, quelle connaissance complète et exacte du mouvement de la lune les Chaldéens possédaient déjà plusieurs siècles avant l'ère chrétienne. Nous voudrions aujourd'hui donner un aperçu de l'astronomie planétaire chez ces peuples à la même époque. Les travaux dus à la collaboration de l'astronome et de l'orientaliste que nous venons de nommer, et publiés successivement dans le cours des dernières années (2), nous fourniront une ample

(1) Voir Revue des quest. scient., octobre 1890, pp. 450 et suiv., et mars 1891, pp. 513 et suiv.

(2) *Astronomisches aus Babylon, oder das Wissen der Chaldäer über den gestirnten Himmel.* Unter Mitwirkung von P. J. N. Strassmaier, S. J., von J. Epping, S. J. Mit copien der einschlägigen Keilschrifttafeln und anderen Beilagen. (44e Ergänzungsheft zu den Stimmen aus Maria Laach.) Freiburg i. B., Herder, 1889. In-8°, 190 pages et planches. Trois Tablettes planétaires

moisson de détails du plus haut intérêt au point de vue de l'histoire des sciences.

De même que dans l'étude que nous avons faite précédemment de l'astronomie lunaire en Chaldée, nous n'apporterons ici, comme pièces justificatives à l'appui de nos assertions, que des documents d'une autorité absolument incontestable. Nous irons dans la bibliothèque d'un observatoire babylonien nous emparer des tablettes en terre glaise où les prêtres astronomes ont inscrit les positions des planètes observées du haut de la *zigurrat;* nous prendrons, dans les bureaux des calculateurs officiels, des compilations d'observations faites d'après les registres de plusieurs siècles, et des éphémérides planétaires calculées pour les années suivantes. Ces divers documents, nous les soumettrons à un examen rigoureux ; et les glossaires techniques chaldéens faisant défaut, nous trouverons dans les formules de l'astronomie moderne, en même temps le nom de la planète et la nature du phénomène qui font l'objet de chaque éphéméride ; du même coup aussi, nouveaux inspecteurs des observatoires de Chaldée, nous apprécierons la valeur de leurs travaux.

Les documents babyloniens capables de jeter quelque lumière sur l'histoire de l'astronomie sont de nature diverse. Les uns, composés presque exclusivement d'indications numériques, constituent des *Tables de calcul;* dans notre premier travail, nous en avons étudié deux qui con-

sont étudiées dans cet ouvrage. Deux renferment les Éphémérides respectivement pour les années 201 et 189 de l'ère des Séleucides; elles font partie de la collection Spartoli au British Museum. La troisième se rapporte à l'année 188 de la même ère et se trouve dans la collection Rassam, elle aussi au British Museum.

ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE. *Sachliche Erklärung des Tablets n° 400 der Cambyses-Inschriften*, von Jos. Epping S. J., 1890, p. 281 et suiv.

IBID *Neue Babylonische Planeten-Tafeln*, von Jos. Epping, S. J., und J. N. Strassmaier, S. J., 1890, pp. 341 et suiv.; 1891, pp. 89 et suiv., et pp. 217 et suiv. Ces trois derniers articles s'occupent spécialement de deux Tablettes du British Museum (collection Rassam et collection Smith S +), et d'une troisième qui est actuellement à l'Université de Pensylvanie (Philadelphie) : c'est le n° 9 de la collection Shemtob.

duisaient à la détermination de nouvelles lunes vraies et de néoménies (1). Les autres documents ont reçu depuis longtemps déjà le nom de *Tablettes planétaires ;* celui d'*Annuaires astronomiques chaldéens* serait beaucoup plus exact. Leur texte est divisé en deux parties. Dans celle de gauche, les chiffres dominent. Le P. Epping y reconnut des prédictions de phénomènes caractéristiques des époques voisines de la nouvelle et de la pleine lune : ce sont donc des *Éphémérides lunaires*. La partie de droite offre, au contraire, un texte continu, sobre de chiffres. La grande majorité de ses indications se rapporte aux planètes ; mais, en outre, aux dates convenables, on trouve l'annonce des éclipses de soleil ou de lune, des positions remarquables de Sirius relativement au soleil, et du commencement des saisons astronomiques.

On le voit, toutes les parties de l'astronomie accessibles aux anciens sont représentées dans ces documents. Pour étudier ces matières avec ordre, il fallait en faire deux parts principales : réunir et traiter simultanément dans la première toutes les questions d'astronomie lunaire, et réserver pour la seconde l'astronomie planétaire. Au point de vue de l'astronomie lunaire, on avait à étudier les Tables de calcul des nouvelles lunes vraies et des néoménies, les Éphémérides lunaires et les annonces d'éclipses. Tel fut le sujet du travail mentionné plus haut. Nous nous proposons maintenant de nous occuper des planètes et, par manière de complément, de Sirius et des saisons

(1) Ce terme de *néoménie*, emprunté au calendrier grec, y signifiait le premier coucher visible de la lune après sa réapparition du soir (*Bibliogr. génér. de l'Astronomie*, Houzeau et Lancaster, *Introduction*, p. 38). Nous l'introduisons dans le calendrier chaldéen avec une légère modification de sens. Le mois babylonien commençait au coucher du soleil qui précédait le premier coucher visible de la lune nouvelle. Or les astronomes chaldéens, dans l'établissement de leur calendrier, ne se contentaient pas de déterminer la date du phénomène; ils recherchaient encore pendant combien de temps la lune resterait visible au-dessus de l'horizon. C'est tout ensemble la date de la réapparition du croissant lunaire et la durée de cette apparition que nous appelons la *néoménie babylonienne*.

astronomiques. Beaucoup moins compliquée que la précédente, cette étude nous fournira des résultats tout aussi étonnants. Nous nous attacherons d'ailleurs à la mener d'une manière tout à fait indépendante de la première; les conclusions d'ensemble ne feront qu'y gagner en solidité.

Nos recherches porteront sur deux *Tablettes planétaires* dont la transcription est due à l'habileté paléographique du P. Strassmaier. Ces précieux Annuaires abondent en prédictions astronomiques réparties sur les vingt-cinq mois lunaires des deux années 189 et 201 de l'ère des Séleucides (E. S.). — Ces années étaient lunisolaires et, par conséquent, de douze et parfois de treize mois. — Le lecteur trouvera sur la planche qui accompagne la livraison de mars 1891 le texte de deux fragments de ces Tablettes; nous y avons transcrit les mois d'ulûlu I et d'ulûlu II de l'année 189 E. S., ainsi que les mois de nisannu et d'airu de l'année 201 E. S.

Prenons ce texte en main; étudions-le. — Un même mot, très connu d'ailleurs, *mi* = *mushu*, c'est-à-dire la nuit, commence la majorité des lignes de la partie de droite. Suit un nombre qui, dans l'intervalle de chacun des mois, va en croissant de 1 à 30 : c'est évidemment la date du mois. Quand *mushu* fait défaut, la date commence la phrase. Nous rencontrons alors, en général, une des deux expressions *ina namâru* ou *lilâtu* suivie d'un des cinq vocables : *te-ut, dil-bat, an, mullalu, gut-tu*. Or *dil-bat* signifie la planète Vénus : d'autres inscriptions l'avaient appris depuis longtemps. *Te-ut* et les trois autres noms doivent aussi, se dit-on, représenter des planètes ; de là le nom de Tablettes planétaires donné au présent document. On avait même cru pouvoir rapporter à Jupiter le nom de *gut-tu*, si fréquent dans les Tablettes ; *an* au contraire passait pour un nom commun, *étoile, ciel*. Quant à *te-ut* et à *mullalu*, tout assyriologue sérieux, questionné sur leur signification, aurait répondu par un humble aveu d'ignorance. Ajoutons à cela l'extrême concision du reste du texte, dont plusieurs

mots étaient aussi peu connus que *te-ut* ou *mullalu*, et nous aurons une faible idée des difficultés que le P. Epping eut à vaincre ici. — Mais un ou deux exemples feront mieux voir les données du problème. Nous rencontrons respectivement, au mois d'abu et au mois d'arah-samna 201 E. S., les deux notes suivantes :

mi 26 birnun dil-bat sik bir sha iltânu 4 u ;
mi 2 ina bir an sik bir sha shutu 8 si.

D'abord, *birnun* et *ina bir* sont les sons qui furent primitivement choisis pour représenter les idéogrammes reconnus plus tard comme exprimant les mots *lilâtu* et *ina namâru*. — Les vocabulaires consultés fournissaient alors les traductions suivantes :

Bir, lumière, éclat ; *ina*, dans ; *sha*, de, suivant, contre ; *sik*, trouver, pays ; *an*, étoile, Dieu ; *dil-bat*, Vénus ; *shutu*, sud ; *iltânu*, nord, corne, remplir ; *u* et *si*, mesures : aune, pouce ; *mi*, nuit, sombre.

Il fallait une science et un art peu communs pour construire avec ces éléments difformes la phrase que voici :

En abu, la nuit du 26, à l'occident, Vénus ; au-dessus, *bir* vers le nord (c'est-à-dire β de la Balance, l'étoile brillante la plus septentrionale de cette constellation), (à la distance de) 4 *u* (c'est-à-dire 4 *ammat* ou 4 fois 2°, 3).

En arah-samna, la nuit du 2, à l'orient, Mars ; au-dessous, *bir* vers le sud (c'est-à-dire α de la Balance, l'étoile brillante la plus méridionale de cette constellation), (à la distance de) 8 *si* (c'est-à-dire 8 *ubanu* ou 8 fois 8').

Que cette traduction soit la vraie, nous en avons la garantie la plus solide, celle que le P. Epping a eu soin de donner à chacune de ses affirmations, nous voulons dire la vérification de ce fait qu'*à des textes semblables entre eux et rapportés dans les Tablettes aux dates les plus diverses, répondent, chaque fois, aux jours voulus, les mêmes phénomènes astronomiques.*

Mais pour en faire la preuve, il fallait tout d'abord reconstituer le ciel étoilé tel qu'il s'était montré aux yeux des prêtres chaldéens, aux dates précises où, postés sur la plate-forme de leurs temples, ils vérifiaient l'exactitude de leurs éphémérides. Les dates des deux Tablettes dont nous nous occupons furent, nous le savons, les années 189 et 201 E. S. En outre, grâce aux preuves accumulées dans notre première étude, nous savons aujourd'hui, et de science très certaine, que ces années de l'ère des Séleucides répondent aux années —122 à —121, et —110 à —109 de l'ère chrétienne. Mais ne tenons pas compte de ces arguments, oublions-les. La concordance signalée à l'instant entre les deux ères est indiquée, approximativement, par quelques témoignages d'auteurs anciens; acceptons-la sous bénéfice d'inventaire : nous avons dans les travaux du P. Epping sur ces seules Éphémérides planétaires de quoi faire des années 189 et 201 E. S. un des repères les plus solidement établis de l'histoire de l'antiquité. Ici encore, c'est l'astronomie qui fit toute la besogne; sans son secours, tout, jusqu'au sens de la plupart des mots qui composent nos textes, devait rester obscur, peut-être même absolument inconnu.

Dans la reconstruction du ciel mentionnée à l'instant, les positions de Mercure, de Vénus et de Mars furent calculées à 5 minutes près et parfois plus exactement encore; celles de Jupiter et de Saturne à 10′ près. Alors une carte écliptique fut construite d'après les indications des Tables de Berlin pour 1800. Toutes les positions de planètes furent d'ailleurs réduites, comme il le fallait, à l'écliptique de cette dernière année. Est-il nécessaire de faire remarquer que les approximations indiquées suffisent amplement à la vérification des prédictions babyloniennes?

Mais comment allons-nous imaginer que les Chaldéens fixaient la position des planètes sur la voûte céleste? Quel système de coordonnées avaient-ils adopté? Leurs

tablettes, destinées aux initiés, et partant d'une concision quasi désespérante, gardent là-dessus le silence le plus profond. Forçons-les, s'il est possible, à livrer leur secret.

Pour indiquer la position d'un objet céleste, on se sert communément aujourd'hui de coordonnées équatoriales, l'ascension droite et la déclinaison; les anciens employaient au contraire les coordonnées écliptiques, la longitude et la latitude. Les Babyloniens en agissent-ils de même ici? Non, la chose est bien certaine : car, dans ce cas, deux nombres, et un mot pour distinguer les latitudes boréales des latitudes australes, c'était tout ce qu'il fallait, en général; rien ne nécessitait un texte si abondant. Ajoutons encore que ces nombres eussent été soumis à des variations plus considérables que celles des nombres de nos Tablettes. Les coordonnées planétaires des Chaldéens n'étaient donc ni équatoriales, ni écliptiques; elles n'étaient pas davantage quasi horizontales à la façon de leurs coordonnées lunaires. C'est donc que nos astronomes rapportaient les planètes à telle ou telle étoile brillante située dans leur voisinage au moment considéré.

Précisons ce dernier système. — Voyons la planète passer auprès de l'étoile fixe. Pour caractériser la position de la planète, les Babyloniens devaient déterminer si elle passait au-dessus ou au-dessous de l'étoile — disons : au nord ou au sud de l'étoile, pour qui observe les planètes sous une latitude comme celle de Babylone; —ils devaient déterminer aussi la distance angulaire de la planète à l'étoile ; et, afin de donner à ces deux indications toute la netteté désirable, les rapporter au moment où la planète couperait une droite déterminée passant par l'étoile. Reste à trouver cette droite. Nous ne perdons pas de vue l'emploi fréquent de l'écliptique dans l'astronomie des anciens. Cela étant, que pouvaient-ils faire de meilleur et de plus simple que de prendre, pour la ligne de repère en question, l'arc de grand cercle mené normalement de l'étoile à l'écliptique? En d'autres termes, ils déterminaient le

moment de l'égalité des longitudes de la planète et de l'étoile. Telle dut être leur méthode — à peu de chose près, tout au moins; — car, dépourvus qu'ils étaient d'un instrument qui leur donnât mécaniquement la direction de cet arc normal à l'écliptique, leurs observations, et par suite leurs éphémérides, n'auraient eu qu'une précision entièrement insuffisante. Acceptons donc comme la plus probable cette hypothèse du P. Epping: chacune des lignes de repère était déterminée par deux étoiles assez brillantes, voisines de l'écliptique et tellement situées que leur ligne de jonction fût à peu près normale à l'écliptique. Néanmoins, les registres d'observation ou les éphémérides ne renseignaient qu'une de ces deux étoiles, la principale: les initiés connaissaient son associée.

Dans ce système, nos astronomes avaient-ils à prédire la position d'une planète pour une époque donnée, ils recherchaient l'étoile zodiacale dans le voisinage de laquelle elle se trouverait à l'instant voulu: première indication un peu vague. Ils la précisaient en calculant quelle nuit la planète passerait la ligne de repère relative à cette étoile; si, au moment de ce passage, elle se trouverait au-dessus ou en dessous de l'étoile ; et enfin à quelle distance angulaire elle en serait.

Il suffit de relire la traduction que nous avons donnée tout à l'heure de deux lignes de l'Annuaire astronomique pour 201 E. S., pour y retrouver immédiatement les trois éléments que nous venons de signaler : indication de l'étoile de comparaison ; sa position relative, supérieure ou inférieure à celle de la planète ; et sa distance à celle-ci.

Mais ce ne sont là que les traits généraux communs à chaque Éphéméride : dans les deux seules lignes citées plus haut, nous apercevons déjà deux nouveaux détails. Parfois en effet plusieurs étoiles, proches l'une de l'autre et, par suite, réunies sous une même dénomination, —en

un mot, les diverses étoiles d'une même constellation du zodiaque chaldéen, — ont servi d'étoiles de comparaison; il fallait indiquer leur caractère distinctif. Ces détails et autres analogues étaient cachés sous autant de mots techniques qu'il s'agissait de déchiffrer. Le P. Epping y parvint, et voici la suite des résultats auxquels il est arrivé. Nous les donnons tels qu'il les publia dans son *Astronomisches aus Babylon*, quittes ensuite à les compléter ou à les corriger légèrement d'après les travaux postérieurs. En résumé, ces résultats comprennent : l'identification des noms des planètes, de plusieurs noms d'étoiles, d'un assez grand nombre de constellations chaldéennes, enfin, la détermination précise du sens technique des divers idéogrammes employés dans la rédaction des Éphémérides planétaires. Entrons dans quelques détails en suivant l'ordre, toujours le même, des diverses indications des éphémérides. Nous aurons ainsi une sorte de vocabulaire, grâce auquel il nous serait possible de traduire, dans nos Éphémérides, tous les textes qui signalent l'arrivée d'une planète dans une position précise du voisinage d'une étoile zodiacale, ou bien, en un mot, qui signalent *la conjonction* d'une planète avec cette étoile.

Les phrases des textes planétaires commençant par l'idéogramme *mi (= mushu)* suivi, après le numéro de la date, d'une des deux expressions *ina namâru* ou *lilâtu* donnent le jour du mois où cette planète devait se trouver *en conjonction* avec l'étoile de comparaison dont le nom vient ensuite : ainsi, par exemple, d'après les Chaldéens, il y eut en 189 E. S., le 5 du mois d'ulûlu I, une conjonction de planète et d'étoile, car la tablette 189 E. S., sous le titre ulûlu I, porte : mi 5 ina namâru.

Les mots qui suivent *ina namâru* ou *lilâtu* doivent se traduire comme suit : *gut-tu*, Mercure ; *dil-bat*, Vénus ; *an*, Mars ; *te-ut*, Jupiter, *mullalu*, Saturne.

ina namâru indique que la planète devait être visible le matin jusque vers le lever du soleil, ou ce qui est la

même chose, ne se coucherait pas avant le lever du soleil. (*ud* = *namâru*, lever, sous-entendu : du soleil).

lilâtu veut dire que la planète serait visible dès le crépuscule, en d'autres termes, se serait levée avant le coucher du soleil (*usan* = *lilâtu*, ciel du soir).

Après le nom de la planète vient, invariablement, un des deux mots *sik* ou *e;* le premier, *sik* (= *elish*, au-dessus), annonçait que l'étoile de comparaison citée serait *au-dessus* de la planète, par conséquent plus rapprochée du zénith ; *e* (= *shaplish*, au-dessous), signifiait au contraire que l'étoile serait *sous* la planète, ou, plus bas sur l'horizon.

Les termes techniques qui suivent servent à caractériser l'étoile de comparaison. Ainsi, deux étoiles voisines, servant toutes deux, dans l'occurrence, d'étoiles de comparaison, portaient parfois le même nom. Pour signifier la plus boréale des deux, on ajoutait à son nom *sha iltânu* (vers le nord); *sha shûtu* (vers le sud) caractérisait la plus méridionale. Mais si la différence de longitude était sensible, le mot *te* (= *dahû*, proche) l'indiquait, et la plus occidentale des étoiles recevait le qualificatif de *mahrû* (la première, s.-ent. dans le mouvement diurne); la plus orientale, celui de *arkû* (la dernière).

Le nom de l'étoile est, d'ordinaire, accompagné de celui de la constellation dont elle fait partie ; parfois cependant on le trouve seul.

Enfin, les prédictions se terminent par l'évaluation numérique de la distance à laquelle la planète devait passer de l'étoile de comparaison. Deux unités différentes servent à l'exprimer : le *û* (= *ammat*, coudée), qui vaut environ 2°, 3 et le *si* (= *ubanu*, pouce), qui vaut de 7′ à 8′.

L'ensemble de ces résultats est aujourd'hui acquis à la science. Il est certain tout d'abord que les Tablettes planétaires renferment des prédictions de conjonctions d'étoiles et de planètes, et que chacune des cinq planètes est représentée par les symboles indiqués plus haut. En effet, pour ne parler que des Annuaires chaldéens pour

189 et 201 E. S., aux dates assignées, les longitudes des planètes ne diffèrent de celles de leurs étoiles de comparaison que de quelques degrés, — tout juste assez pour montrer, une fois de plus, que ces Tablettes sont des Éphémérides et non des Registres d'observations. Mais ajoutons immédiatement que les planètes reçoivent encore dans les documents chaldéens d'autres dénominations que celles que nous avons rapportées. Ainsi, plusieurs Tablettes — des Registres d'observations, cette fois — étudiées récemment par le P. Epping dans la *Zeitschrift für Assyriologie* (1), donnent à Jupiter le nom de *sag-me-sha*, et celui de *ni-bat-anu* à Mars. En outre, on corrigea la lecture de l'idéogramme qui signifie Saturne : au lieu de *mullalu*, on lit maintenant *kaimânu*.

Quant à l'interprétation de *te*, *sik* et *e*, sa preuve, déjà très solide après les calculs de l'*Astronomisches aus Babylon*, est désormais irréfragable après l'application pleine de succès qui en a été faite aux Registres d'observations que nous venons de mentionner.

Les indications de ces mêmes documents, lesquelles méritent évidemment plus de confiance que celles des Éphémérides, permirent enfin de fixer plus exactement la valeur des mesures angulaires *û* et *si*. Elles fournissent les résultats suivants : *1 û* = 2°,4 et *1 si* = 6′, valeurs bien peu différentes de celles adoptées dès l'abord (*û* = 2°, 3 et *si* = de 7′ à 8′).

Ce n'est pas, on le pense bien, du premier coup et sans de nombreux et pénibles tâtonnements que le P. Epping s'est trouvé en possession de cette complète interprétation des Tablettes planétaires ; *gut-tu*, notamment, fut assez longtemps sans être reconnu. Ce nom de *gut-tu* apparaissait partout ; c'était la planète qui jouait le rôle de beaucoup le plus important dans les Tablettes. Qui donc eût osé, de prime abord, voir en elle Mercure, cet astre qui,

(1) 1890 et 1891, *loc. cit.*

presque toujours plongé dans les feux du soleil, semble vouloir se dérober à notre curiosité? La question ne se posait même pas, et l'absence complète de Mercure dans nos Tablettes eût à peine excité l'étonnement. Pourtant, la traduction *gut-tu* = Jupiter, adoptée d'abord sur la foi de la majorité des assyriologues, était évidemment mauvaise : le calcul la condamnait irrémissiblement. Il fallait essayer d'une autre hypothèse, soit, par exemple, *gut-tu* = Mars. Elle fut appliquée d'abord à 189 E. S. 19 schebat, où l'on croyait lire *gut-tu an*. Le résultat fut satisfaisant. Bien plus, *an* signifiant tout simplement *étoile*, dans les idées d'alors, et le calcul montrant que Mars avait été observable pendant toute l'année 189 E. S., il était assez naturel de voir Mars annoncé dans les tablettes comme l'étoile par excellence de cette année, comme son régent, disent les astrologues. L'explication pouvait paraître heureuse, elle était impuissante à empêcher l'interprétation *gut-tu* = Mars d'être reconnue fausse. Chaque prédiction des Éphémérides devait être soumise à l'enquête rigoureuse du calcul. Grâce à elle, la vérité ne pouvait manquer de se faire jour, et l'on vit enfin, à n'en pouvoir plus douter, tant les preuves étaient nombreuses et décisives, que *gut-tu* était Mercure et rien que Mercure, et que Mars était appelé *an*.

Une erreur avait donc été commise au sujet du 19 schebat 189 E. S.? Sans doute; la philologie avait été mise en défaut. Au lieu de *gut-tu an* que l'on avait lu, le texte portait *lilâtu an* et se rapportait à Mars. Seulement cette erreur était excusable : non seulement on avait affaire à une écriture cursive toujours très difficile à lire, mais l'idéogramme représentant *gut-tu* était absolument inconnu avant les travaux des PP. Strassmaier et Epping. Il ne diffère guère de *lilâtu* que par quelques traits qui précisément étaient effacés dans l'Éphéméride du 19 schebat. Tel est un des nombreux cas où le calcul servit à corriger une première transcription de ces textes autrefois si obscurs.

Nous sommes actuellement en état de traduire tout le texte relatif aux conjonctions de planètes et d'étoiles, c'est-à-dire la plus grande partie de nos Éphémérides planétaires. Continuons, et recherchons quels autres phénomènes y sont annoncés.

Il n'est pas difficile d'en trouver une première classe. On sait en effet que les anciens observaient avec beaucoup d'intérêt les *oppositions* des planètes, c'est-à-dire l'instant remarquable, dans la course apparente de ces astres errants, où leur lever coïncide à peu près avec le coucher du soleil. On peut en augurer que nos astronomes s'efforcèrent de prédire le retour de ces phénomènes ; et pour nous en assurer, la méthode est simple. Voyons au moyen des Tables des planètes combien d'oppositions eurent lieu dans l'intervalle de temps que couvrent nos Éphémérides planétaires. Il y en eut cinq : deux de Saturne, deux de Jupiter, et une de Mars. Or nous trouvons précisément cinq textes analogues à celui-ci :

189 E. S. ulûlu II 23, mullalu 2 ina e-a

ou mieux, d'après les lectures récemment adoptées, (1)

ulûlu II 23, kaimânu ana me e-a.

Les Tables de Saturne nous disent en particulier que, le 9 octobre 122, c'est-à-dire, en style babylonien, le 23 du second ulûlu, cet astre se leva 8 minutes après le lever du soleil ; il était donc en opposition. Les quatre autres prédictions semblables nous fournissent des résultats non moins satisfaisants. Notre conjecture était donc bonne. Mais ne négligeons pas sa partie négative ; si *ana me e-a* annonce les oppositions, cette expression ne peut accompagner, dans les Tablettes, des noms de planètes qui

(1) Cette correction de la lecture est un simple détail philologique sans importance dans la question qui nous occupe. Voir aussi p. 60.

n'eurent pas d'opposition en 189 ni en 201 E. S. Or, on trouve que Mars n'eut pas d'opposition en 201 E. S.; d'ailleurs, les planètes inférieures, Vénus et Mercure, ne peuvent jamais en avoir. Effectivement, la tablette 201 E. S. ne montre nulle part *an ana me e-a,* et dans aucun des documents chaldéens étudiés jusqu'ici ni *gut-tu* ni *dil-bat* ne sont accompagnés de l'idéogramme *e-a,* caractéristique de l'opposition.

Un autre phénomène qui ne peut avoir échappé aux soigneux observateurs du ciel à Babylone est celui des *stations des planètes supérieures.* Ils annoncent, par exemple, que Mars, en 189 E. S., le 7 du second ulûlu, sera arrivé dans sa course *directe* — donc de l'ouest à l'est — à *mash-mashu mahrû,* c'est-à-dire à β des Gémeaux; près de trois mois plus tard, le 5 kislinu, ils le mettent, de nouveau, voisin de la même étoile; ils le font rétrograder les jours suivants jusqu'à α des Gémeaux, et même au delà, car un bon mois plus tard, le 29 tebitu, il doit, à les en croire, se retrouver auprès de α des Gémeaux, et continuer alors sa marche progressive dans l'écliptique. Évidemment, les astronomes chaldéens auront cherché à déterminer les points extrêmes de l'arc parcouru par la planète dans le sens rétrograde, d'autant plus que son mouvement extrêmement lent aux environs de ces points, son *stationnement,* pour ainsi dire, a dû attirer leur attention.

Voici, d'un autre côté, que nous trouvons dans la tablette 189 E. S. les deux notes suivantes :

11 tishritu an ina nangaru emid.
5 tebitu an ina mash-mashu emid.

Nangaru et *mash-mashu* sont, nous le savons, deux noms d'astérismes; de plus, d'après ce que nous venons de dire sur la marche assignée par les Éphémérides à la planète Mars du 7 du second ulûlu au 29 tebitu, on voit que le

11 tishritu et le 5 tebitu avoisinent les stations de Mars. On peut donc légitimement supposer que les *emid* dans les deux textes annoncent ces phénomènes. La signification du mot lui-même est une première garantie de succès : *emid*, en effet, signifie tout simplement : restant en place, stationnant.

Mais nous avons en outre à notre disposition plusieurs vérifications astronomiques dont la valeur est moins sujette à caution. Sans s'imposer le travail considérable du calcul *exact* de l'époque des stations des planètes extérieures en — 109, — 110, — 121 et — 122, travail bien inutile, vu que, en général, les planètes à ce point de leur mouvement parcourent à peine *1° en 30 jours*, on peut observer d'abord que toute opposition a lieu à peu près à égale distance de deux stations consécutives ; or les *emid* satisfont à cette condition pour les différentes planètes. Les Tables de Lalande permettent encore deux autres vérifications faciles, basées, l'une sur la considération des *élongations* des planètes, l'autre sur celle de la *longueur des arcs parcourus en sens rétrograde*. Tout cela concourt à montrer que *emid* est le terme technique qui dans les Tablettes planétaires marque les *stations des planètes extérieures*. Nous admettrons donc cette conclusion.

Reste une dernière circonstance remarquable dans le mouvement apparent des planètes, objet de la curiosité des anciens à l'égal des précédentes. Qui ne se rappelle les épithètes de *saevus*, *nimbosus*, etc., que les poètes décernent à plusieurs constellations, au Bouvier, à Orion, à d'autres encore? Les commentateurs, à ces passages, se contentent généralement de dire que le lever ou le coucher de ces astres est accompagné de violentes tempêtes, et plus d'un élève de seconde aura pu se demander comment chaque jour n'était pas orageux, puisque chaque jour se lève et se couche chacune de ces funestes constellations. Mais un instant de réflexion ou un coup d'œil jeté

sur un traité de cosmographie rappelle à l'élève studieux que, la distance angulaire des étoiles au soleil, leur élongation, ne restant pas constante, elles ne se lèvent pas tous les jours à la même heure. Si peut-être il a compris alors que ses auteurs classiques parlaient de levers ou de couchers qui, tout en restant observables, coïncident à peu près avec le lever ou le coucher de l'astre du jour, il ne se sera pas trompé. Nous appellerons, suivant la coutume reçue, du nom de *levers* ou de *couchers héliaques*, ces phénomènes caractéristiques d'époques parfaitement déterminées de l'année solaire. Les anciens, au contraire, ne leur donnaient souvent que la dénomination absolue de *ortus* ou *occasus*. Ils attachaient une grande importance à ces phénomènes astronomiques. Les Égyptiens, en particulier, observaient avec le plus grand soin le lever héliaque de Sirius qui, annonçant le débordement du Nil, leur paraissait ramener la fécondité à leurs champs. Nous verrons tout à l'heure que cette magnifique étoile était l'objet d'une attention tout aussi suivie chez les astronomes de Babylone.

Mais revenons aux planètes. Le P. Epping en retrouva les levers et les couchers héliaques *annoncés* dans les Éphémérides pour 189 et 201 E. S., et *observés* dans les Registres de l'an 7 de Cambyse (— 522 de l'ère chrétienne) (1) et dans ceux du 2e et du 3e siècle avant Jésus-Christ.

Le lever héliaque s'appelle *namir* en assyrien, et le coucher héliaque, *erib*. Dans les deux cas, les astronomes chaldéens ajoutent le nom de la constellation où se trouve la planète au moment du phénomène. Nous lisons, par exemple :

189 E. S. simannu 22 te-ut ina mash-mashu namir.
189 E. S. airu 25 te-ut ina mash-mashu erib.

(1) Zeitschrift für Assyriologie. *Sachliche Erklärung des Tablets n° 400 der Cambyses-Inschriften*, von Jos. Epping, S. J., 1890, pp. 281 et suiv.

ce qui veut dire littéralement :

En simannu, le 22, Jupiter, dans les Gémeaux, se levant.
En airu, le 25, Jupiter, dans les Gémeaux, se couchant.

Les planètes inférieures ont aussi leurs levers et leurs couchers héliaques ; seulement chacun de ces deux phénomènes peut aussi bien se produire quand elles sont étoiles du matin que quand elles sont étoiles du soir. Les Tablettes distinguent parfaitement ces différents cas. Ainsi nous avons, par exemple :

189 E. S. ulûlu I, 25 gut-tu ina elâtu ina absin namir.
189 E. S. ulûlu II, 23 gut-tu ina elâtu ina nûru erib.
201 E. S. nisannu, 2 gut-tu ina eribu ina te-te namir.
201 E. S. airu, 11 gut-tu ina eribu ina mash-mashu erib. (1)

et chacune de ces quatre Éphémérides se traduit respectivement, mot pour mot, par

En ulûlu I, le 25, Mercure, au lever (du soleil), dans la Vierge, se levant.
En ulûlu II, le 23, Mercure, au lever (du soleil), dans la Balance, se couchant.
En nisannu, le 2, Mercure, au coucher (du soleil), dans le Taureau, se levant.
En airu, le 11, Mercure, au coucher (du soleil), dans les Gémeaux, se levant.

Avant d'aller plus loin, récapitulons les diverses étoiles de comparaison citées par les Chaldéens dans les documents interprétés ici. Ce sont :

kullat nûnu = η des Poissons
mahrû sha rishu ku = β du Bélier
arkû sha rishu ku = α du Bélier
temennu = η des Pléiades
pidnu = Aldébaran ou α du Taureau

(1) Remarquons en passant que *gut-tu* vient de faire tous les frais de nos exemples. Nous aurions pu en apporter bien d'autres, vu que nos deux Tablettes 189 et 201 E. S. à elles seules renferment 26 levers ou couchers héliaques de cette planète. Dans ces conditions, il ne pouvait pas se faire que la fausse interprétation *gut-tu* = Mars ne se trahît pas ici, et c'est précisément en s'occupant de la présente question que le P. Epping reconnut et corrigea son erreur.

shur narkabti sha iltânu = β du Taureau ou la corne septentrionale
shur narkabti sha shûtu = ζ du Taureau ou la corne méridionale
mahrû sha pu-u mash-mashu = η des Gémeaux
arkû sha pu-u mash-mashu = μ des Gémeaux
mash-mashu sha ri'û = γ des Gémeaux
mash-mashu mahrû = α des Gémeaux ou Castor
mash-mashu arkû = β des Gémeaux ou Pollux
arkû sha nangaru sha shûtu = δ du Cancer ou l'Ane méridional
rishû aru = ε du Lion
sharru = Regulus ou α du Lion
mâru sha arkat sharru (?) = ρ du Lion (?)
zibbat (?) arû = β du Lion
shêpu arkû sha arû = γ de la Vierge
shur mahrû shirû = β de la Vierge
sa sha shirû = α de la Vierge
nûru sha shûtu = α de la Balance
nûru sha iltânu = β de la Balance
qablu (et qâbu) sha rishu aqrabi = δ (et β) du Scorpion
hurru = Antarès ou α du Scorpion
kashshud sha katar pa = ϑ d'Ophiuchus
qarnu shahû = α et β du Capricorne
mahar sha hi-na shahû = γ du Capricorne
arkat sha hi-na shahû = δ du Capricorne.

Grâce aux résultats acquis, il nous est loisible, à cette heure, de déterminer l'étendue respective des constellations écliptiques citées dans les Tablettes chaldéennes et de les comparer avec les nôtres. Que les mots *mash-mashu, nangaru* et autres analogues fussent des noms de constellations, ou, si l'on veut, de plages définies de la voûte céleste, ce n'était, somme toute, qu'une hypothèse, — très plausible, il est vrai. Déterminer en degrés de longitude les portions de l'écliptique auxquelles elles correspondent respectivement, revient à faire la critique de cette hypothèse. Il suffit à cette fin de tenir note des longitudes que le calcul assigne aux diverses planètes renseignées comme se trouvant, à un moment donné, par exemple dans *mash-*

mashu. Se fait-il que les régions ainsi revendiquées par ce que nous supposons être des noms de constellations, n'empiètent pas les unes sur les autres, ou mieux n'empiètent que dans des limites explicables par des erreurs de calcul, la preuve sera complète ; l'hypothèse était bonne. C'est ce que l'on établit sans la moindre peine au moyen des tableaux du Mémoire original et des travaux qui le suivirent. Nous dressons ici un tableau des résultats obtenus : à chacune des constellations chaldéennes répond, à quelques degrés près, celle de nos constellations qui est inscrite en regard dans ce tableau.

ku	= Bélier,	aru	= Lion,	pa	= Sagittaire,
te-te	= Taureau,	ki	= Vierge,	shahû	= Capricorne,
mash-mashu	= Gémeaux,	nûru	= Balance,	gu	= Verseau,
nangaru	= Cancer,	aqrabu	= Scorpion,	zib	= Poissons.

On préfère lire aujourd'hui l'idéogramme de la constellation du Bélier *ku (sarikku)*, celui du Taureau *te (mennu)*, celui du Cancer *pulukku*, celui de la Vierge *sherû*, celui de la Balance *zibanitu*, et celui du Capricorne *enzu*.

La signification de chacun de ces mots en assyrien n'est pas encore parfaitement éclaircie. A s'en rapporter à l'étude philologique du P. Strassmaier (1), il serait probable que *mash-mashu* = jumeaux, *aqrabu* = scorpion, *pa* = sceptre, *shahû* = bouquetin, *ku* = chien et enfin *zib* ou *nu-nu* = poissons.

Le livre *Astronomisches aus Babylon* renferme une planche représentant deux spécimens du zodiaque babylonien. Les animaux que nous venons de citer, à part les poissons, y sont représentés ; on y voit encore d'autres objets : une lyre, un corbeau, etc., qui certainement n'appartiennent pas au zodiaque. Il y a aussi une lampe ; c'est sans doute *nûru* (= lumière). La Tablette n° 400 des Inscriptions de Cambyse favorise sérieusement cette con-

(1) *Astronomisches aus Babylon*, pp. 166 et suiv.

jecture (1). On y voit que x de la Vierge fait partie de la constellation *nûru:* or, l'ensemble des étoiles de la Balance jointes aux premières du Scorpion et au groupe voisin de x de la Vierge rend assez bien la figure de la lampe babylonienne. On trouve encore dans ce zodiaque une tortue, c'est peut-être *nangaru;* puis, une figure à deux bras : celle-ci pourrait bien représenter le Tigre et l'Euphrate, qui remplaceraient notre Éridan.

Les phénomènes planétaires des Tablettes 189 et 201 E. S. ont été tous passés en revue. Elles ne s'occupent pas, par exemple, des conjonctions de la lune avec les diverses planètes ou des planètes entre elles. La Tablette cambysienne déjà citée plus haut indique quelques phénomènes de ce nouveau genre, et cela avec une si frappante exactitude, que ce détail seul suffirait à montrer que cette Tablette ne renferme pas des Éphémérides, mais des observations.

Néanmoins, sur les Tablettes 189 et 201 E. S. elles-mêmes, il reste encore une quinzaine d'indications à déchiffrer. Six d'entre elles se rapportent à un même objet céleste, nommé *kak-ban.* Nous y avons déjà fait allusion. Ce sont deux couchers héliaques, *erib;* deux levers héliaques, *namir;* et deux *ana me e-a,* c'est-à-dire deux oppositions de l'astre *kak-ban.* Tous les noms des planètes connues des anciens ont été distribués. Le dernier astre ne peut donc être qu'une étoile fixe : c'est Sirius, le calcul le montre. Aucune autre étoile importante ne peut s'accommoder des positions indiquées par les Tablettes.

Les huit dernières prédictions des Éphémérides (quatre sur chacune des deux Tablettes) ne citent ni planète, pas même la lune, ni étoile. Elles auront probablement

(1) ZEITSCHRIFT FÜR ASSYRIOLOGIE, 1890, *loc. cit.*, p. 284.

trait au soleil. C'est de cette idée que partit le P. Epping, qui trouva bientôt que ces notes visaient les *quatre saisons* de l'année. Voici le texte de ces notes pour 189 E. S., les dates correspondantes du calendrier julien et le nombre des jours d'intervalle entre ces dates :

189 E. S.	7 dûru man du = — 122, 27 juin.	91 jours.
	10 ulûlu shuqalulu shatti = — 122, 26 septembre.	91 jours.
	13 kislinu man du = — 122, 27 décembre. . . .	92 jours.
	16 adaru shuqalulu shatti = — 121, 29 mars. . .	

Il semble que les Babyloniens aient fait de l'équinoxe de printemps le point origine de leur division de l'année et qu'ils aient moins cherché à mettre cette division en accord avec la position du soleil qu'à lui donner des parties sensiblement égales. Quant aux expressions techniques employées ici, elles paraissent vouloir dire : *man-du* = *manzazu shamash* = arrêt du soleil, solstice ; et *lal mu* = *shuqalulu shatti* = égalité de l'année, équinoxe.

Ajoutons un dernier résultat important. Trois Tablettes interprétées tout récemment par le P. Epping (1), et signalées plus haut comme renfermant des résultats d'observations, ne sont pas pourtant de simples registres rédigés au jour le jour à l'inspection du ciel étoilé. Ce sont des compilations systématiques d'observations faites sur les planètes à des époques différentes pour chacune d'elles et disposées dans le but évident de préparer les Éphémérides pour une prochaine année. En effet, les astronomes chaldéens avaient découvert les périodes de la course apparente des planètes ; ils savaient après combien d'années les mêmes positions de ces astres errants se reproduisent aux mêmes jours de l'année solaire. Nous laissons à penser ce qu'il fallut d'observations et d'études soigneuses des résultats de ces observations pour découvrir cette périodicité parfois multiple, par exemple pour

(1) Zeitschrift für Assyriologie, 1890 et 1891, *loc. cit.*

Mars et Jupiter. Quoi qu'il en soit, les Babyloniens avaient établi les cycles suivants des planètes : Vénus, 8 ans; Mercure, 46; Saturne, 59; Mars, 32, ou 47, ou encore 79 (c'est-à-dire 32 + 47); Jupiter, 83 ou 83 ± 12. Cela étant, que faisait le calculateur chargé d'établir les Éphémérides planétaires d'une année à venir ? Supposons qu'il s'agisse de 236 E.S., et imaginons qu'il commence par Vénus : 236 moins 8 (valeur de la période de Vénus) font 228; en 228 E. S., se disait-il, les phénomènes ont été ce qu'ils seront en 236. Il consultait donc les registres de 228 E.S., y réunissait les stations, les levers héliaques, etc.... Pour Saturne, il consultait de même les registres de 177 E. S.; car 177 + 59 = 236. Et ainsi de suite. Or voilà précisément le travail que nous trouvons tout fait dans les trois Tablettes dont nous parlions : la Tablette désignée par R_m 678 vise précisément l'année 236 E. S. ou —75 de notre ère ; la Tablette S. + 1949, l'année 118 E. S. = — 193; et la Tablette de Philadelphie, l'année 235 E. S. = — 86.

Mais nos tables astronomiques actuelles n'auraient-elles rien à gagner à tenir compte de ces observations si anciennes? N'y a-t-il pas là des éléments précieux de correction ou tout au moins de vérification?

Si l'on entend parler de nos tables planétaires, la réponse à cette question paraît devoir être négative. Les indications babyloniennes du temps des observations ne sont pas assez précises, les unités de mesure employées pour les distances angulaires sont trop considérables, et les chiffres donnés par les Tablettes paraissent n'être parfois que le résultat d'une simple estimation au jugé. Un seul genre de phénomènes pourrait servir de base à un travail d'une valeur certaine : ce seraient des occultations d'étoiles fixes par les planètes, à condition, bien entendu, qu'elles fussent indiquées sans ambiguité possible dans les documents chaldéens.

Les observations de la lune, par exemple de ses levers au moment de son plein, rapportés aux couchers de soleil presque simultanés, offrent des garanties plus sérieuses. Il faudrait sans aucun doute, pour en tirer parti, posséder une détermination exacte de l'horizon de Babylone; mais, sur ce sujet même, on a aujourd'hui beaucoup de données.

CONCLUSIONS.

Avant de clore ce travail, rassemblons ici en tableau l'ensemble de tous les résultats acquis sur le terrain de l'astronomie babylonienne; nous jugerons mieux par là des progrès réalisés. Nous grouperons ces résultats en deux classes : les uns intéressant la chronologie, les autres l'astronomie et particulièrement l'histoire de cette science.

RÉSULTATS CHRONOLOGIQUES.

Le commencement de l'ère des Séleucides (E. S.) et celui de l'ère des Arsacides (E. A.) sont fixés avec une certitude qui désormais ne permet plus la moindre hésitation. Ces ères sont avec l'ère chrétienne (E. C.) dans la relation suivante :

189 E. S. = 125 E. A. = — 122 E. C.

L'ère des Séleucides commence donc en —310 et celle des Arsacides en — 246.

La question de la mesure du temps en Chaldée, sur laquelle le chronologiste Ideler n'avait que des conjectures, est résolue en grande partie. Les années de l'ère des Séleucides sont lunisolaires; leurs mois sont lunaires, tantôt pleins ou de 30 jours, tantôt caves ou de 29 jours. La règle d'intercalation du 13e mois, nécessaire, de temps en temps, pour ramener l'accord entre les mois lunaires et l'année solaire, nous reste inconnue.

L'année séleucidienne commence avec le mois de nisan, par conséquent, au printemps.

Le jour civil babylonien commence au coucher du soleil ; mais le jour astronomique, employé dans les Tables de calcul, avait son origine à minuit.

La division du jour en 24 heures, 12 de jour et 12 de nuit, était en usage à Babylone, mais les astronomes préféraient, pour leurs calculs, le partager en 6 parties principales, sous-divisées chacune en 60 parties, que nous avons appelées degrés de temps ($1^\circ = 4^m$), lesquels eux-mêmes se sous-divisaient en 60 parties, et ainsi de suite.

RÉSULTATS ASTRONOMIQUES.

A. *Tables de calcul.*

Elles contiennent une méthode complète de calcul pour la détermination de la lune vraie, comprenant :

Le calcul du temps dont le dernier lever de lune avant la conjonction précède le lever du soleil ;

La détermination de la nouvelle lune ;

Le calcul de l'intervalle de temps de la nouvelle lune à la néoménie.

Tout cela repose sur une connaissance remarquablement exacte de la durée du mois synodique moyen ; du mois anomalistique moyen ; de la vitesse moyenne de la lune et, par suite, du mois sidéral. On ne voit pas bien si les Babyloniens distinguaient les différentes sortes d'années ; mais ils avaient une connaissance assez approchée des vitesses maximum de la lune et du soleil et aussi de la loi suivant laquelle varie la vitesse du soleil aux diverses époques de l'année.

B. *Tablettes planétaires.*

I. ÉPHÉMÉRIDES LUNAIRES.

Elles donnent, calculées d'avance pour chaque mois, les circonstances les plus caractéristiques d'une révolution lunaire, à savoir :

Le temps pendant lequel le croissant lunaire nouvellement réapparu restera au-dessus de l'horizon ;

L'intervalle de temps qui sépare le dernier lever de lune avant la conjonction et le lever du soleil ;

Deux couchers de pleine lune dont l'un précède et l'autre suit le lever du soleil ;

Deux levers de pleine lune dans les mêmes conditions.

Les mêmes Tables renferment, mêlées aux indications sur la marche des planètes, les éclipses de soleil et de lune de l'année et leurs conditions de visibilité à Babylone.

II. ÉPHÉMÉRIDES PLANÉTAIRES.

On y trouve l'annonce des conjonctions des planètes et des étoiles zodiacales importantes ; des oppositions des planètes ; de leurs stations ; de leurs couchers et de leurs levers héliaques.

Les oppositions, les levers et les couchers héliaques de Sirius y sont aussi prédits.

Les saisons astronomiques s'y trouvent déterminées.

Nous avons parcouru les diverses parties des monuments astronomiques de Babylone avec un sentiment d'admiration toujours croissant pour les habiles interprètes de ces mystérieuses inscriptions. Avant eux, tout essai d'explication avait complètement échoué. Aujourd'hui le voile est tombé, les ténèbres se dissipent, le jour se lève. L'astronomie babylonienne et son magnifique développement, plusieurs siècles déjà avant l'ère chrétienne, se présentent à nos regards étonnés. Si quelques détails restent encore dans l'ombre, n'en doutons pas, nos infatigables et heureux chercheurs, et les savants travailleurs qui à leur suite s'élancent dans la voie ouverte, ne tarderont pas à les éclaircir.

APPENDICE

Deux assyriologues très connus, M. Oppert et M. Eb. Schrader, se sont posés en adversaires du P. Epping au sujet de l'ère des Arsacides. Leur tort est manifeste: chacune des lignes de nos Tablettes rend témoignage contre eux. Un des deux, il est vrai, M. Oppert, semble avoir abandonné la partie. Au surplus, si nous voulions trancher la question par voie d'autorité, nous rapporterions ce fait significatif : un astronome distingué, fort versé dans la chronologie des peuples de l'ancien Orient, M. le Dr Mahler, après une discussion très attentive des travaux du P. Epping, vient d'abandonner son opinion sur l'ère des Arsacides pour se ranger du côté de son ancien contradicteur.

Citons encore une Note du Dr Oppert publiée dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences en novembre 1890, et développée dans un Mémoire paru dans la livraison de novembre-décembre 1890 du *Journal asiatique*. Sous le titre : *Un Annuaire astronomique babylonien*, ces deux travaux donnent une traduction du n° 400 des Inscriptions de Cambyse. En somme, c'est la reproduction de l'interprétation du P. Epping parue dès le mois d'octobre précédent dans la *Zeitschrift für Assyriologie*, à part ceci, qu'un certain nombre d'erreurs y ont été introduites. Nous relèverons seulement un point. M. Oppert attaque l'interprétation des données numériques chaldéennes du commencement et de la fin du mois. D'après le P. Epping, on y trouve, par exemple au 1er du mois, le temps pendant lequel le croissant lunaire, nouvellement réapparu, reste visible avant son coucher. Ce temps est exprimé en degrés équatoriaux, qui valent 4 minutes. A cela M. Oppert oppose que le degré pour le mouvement de la lune est de une heure et trois quarts, en moyenne. Il n'a donc pas vu qu'il s'agissait, non pas du mouvement propre de la lune

sur la sphère céleste, mais du mouvement résultant de la combinaison de ce mouvement propre avec le mouvement diurne qui emporte le ciel tout entier et la lune avec lui.

C'est ce que le P. Epping lui-même vient de signaler, entre autres choses, dans sa réponse au mémoire de M. Oppert (1). Des observations de ce dernier accompagnent cette réponse. Le savant académicien y revendique pour lui et pour un assyriologue anglais, M. Sayce, l'honneur d'avoir découvert le sens des termes astronomiques chaldéens. Nous y lisons notamment la phrase suivante : « La fixation des mois, des régions du soleil (ciel?), de *devant, arrière, au-dessus, au-dessous, journée, jour, nuit, soir, matin, crépuscule, culmination, midi, minuit, lever, coucher, apparition héliaque, conjonction, opposition, syzygie, quartier, croissant, droite, gauche, temps juste, heure, minute, doigt de l'éclipse, degré, horizon, nœud de la lune, point nodal, milieu de l'éclipse, observation, éclipse* égale à *defectus, application astrologique* et bien d'autres encore ne sont pas du P. Epping, mais en très grande majorité de moi. » En définitive, tout était fait avant le P. Epping.

M. Sayce, pour sa part, n'est pas de l'avis de M. Oppert, tant s'en faut. Rendant compte de l'ouvrage du Dr Jensen, *Die Kosmologie der Babylonier*, et de l'*Astronomisches aus Babylon* des PP. Epping et Strassmaier, il écrit dans la *Critical Review* d'Édimbourg (1891, 2e livraison) :

« C'est un malheur pour le Dr Jensen que cette partie (le commencement) de son livre fût imprimée avant l'apparition de l'*Astronomisches aus Babylon*. Les nombreuses Tablettes astronomiques de la période des Séleucides trouvées à Babylone et actuellement au British Museum, où le Dr Strassmaier les a copiées, ont permis à son collègue, le Dr Epping, de reconstituer la science astronomique de l'ancienne Babylone, d'en déterminer la nature et l'éten-

(1) Journal asiatique, 1891, tome XVIII, n° 1, juillet-août, pp. 186 et suiv.

due, à tout le moins au troisième ou au second siècle avant J.-C. (1). Il a découvert les noms babyloniens du zodiaque et établi d'une façon définitive leur origine chaldéenne; en outre, il a identifié les noms des planètes et d'un bon nombre d'étoiles fixes. *Le problème que le Dr Oppert et, postérieurement, M. Bosanquet et moi-même nous sommes efforcés de résoudre, il y a bien des années, à l'aide de matériaux imparfaits, vient de céder maintenant devant l'habileté paléographique du Dr Strassmaier et la science astronomique du Dr Epping.* »

La vérité ne serait-elle pas du côté de la modestie ?

J. D. Lucas, S. J.

(1) M. Sayce ne parle ici que des résultats obtenus dans l'*Astronomisches aus Babylon*. Nous avons vu que la Tablette Cambysienne n° 400 nous ouvre une vue sur l'astronomie chaldéenne *au commencement du* VIe *siècle avant J.-C.*

LA PRODUCTION ARTIFICIELLE

DU FROID (1)

Quand on veut honorer les physiciens, on les loue d'avoir établi la théorie de la Lumière et d'avoir asservi l'Électricité : on oublie qu'ils n'ont pas eu moins de difficultés à surmonter pour congeler le sulfure de carbone à la température de — 130° et pour liquéfier l'oxygène ; on a le tort plus grand encore de ne pas leur tenir compte de l'invention des machines frigorifiques, dont la théorie est admirable et les applications innombrables. L'exposé des découvertes faites dans cette voie constitue cependant un des plus beaux chapitres de la Physique et une des pages les plus intéressantes de son histoire : voilà qui justifie le choix de notre sujet.

Fontenelle sollicitait un jour de ses auditeurs « la même application qu'il faut donner au roman de la princesse de Clèves, si l'on veut en bien suivre l'intrigue et en connaître toute la beauté » ; Arago adressait la même demande à ceux qui étaient venus l'entendre sous la cou-

(1) Conférence faite à Gand, le 29 octobre 1891, à la session de la Société scientifique de Bruxelles.

pole de l'Institut de France. Nos lecteurs penseront avec nous que l'exposé simple et lucide d'une théorie qui a coûté cent ans de travaux et de recherches aux physiciens et aux ingénieurs vaut bien le fade récit d'un auteur

« ...dont la fertile plume
Peut tous les mois sans peine enfanter un volume ».

I

Le froid n'existe pas, à vrai dire, ou du moins il n'a pas de réalité objective; sa définition repose uniquement sur une sensation du sujet. En effet, à l'équateur, un nègre africain grelotte et déclare qu'il a froid, dès que la température de l'air tombe au-dessous de 30°; pour nous, habitants des zones tempérées, le froid commence à la température de congélation de l'eau, et nous comptons des températures négatives à partir de ce zéro de convention; mais un Groënlandais, qui boit de l'huile, parce qu'il ne connaît plus l'eau à l'état liquide, inscrirait le zéro de son thermomètre, s'il en avait un, à la température de solidification du mercure, c'est-à-dire à —40°. En somme, le froid, qui correspond, dans nos discours, à la présence d'une quantité de chaleur inférieure à celle que les corps possèdent habituellement ou à une température moindre que celle du milieu, ne peut être considéré comme une entité. Si les physiciens ont une notion fort exacte de ce qu'ils appellent le froid absolu (nous dirons plus loin ce que c'est), les profanes ne font qu'énoncer une impression toute relative en parlant du froid en général.

Dire que l'on crée du froid est donc une expression tout à fait incorrecte, car on ne crée pas ce qui n'est pas, et pourtant il nous sera assez difficile d'éviter cette locution, bien que nous la condamnions, parce que nous n'avons pas d'autre moyen d'exprimer le fait de l'abaissement de la température d'un corps au-dessous de celle des corps

environnants. Cette explication donnée, on nous pardonnera les mots de *production du froid*, qu'il nous a fallu inscrire en tête de ce travail.

Pour abaisser la température d'un corps en dessous de celle du milieu dans lequel il se trouve, il faudrait lui soustraire du calorique : ce serait le moyen le plus simple de le refroidir. Malheureusement, s'il est facile d'échauffer une masse en lui cédant des calories, il est impossible d'abaisser sa température en lui en prenant, car on n'a pas encore découvert de procédé direct pour soutirer la chaleur.

Le refroidissement par rayonnement a un caractère de spontanéité qui facilite son utilisation, en dispensant le physicien de toute intervention : pour le réaliser, il suffit de mettre le corps à refroidir en face d'un autre qui possède moins de chaleur que lui ; si la température de ce dernier est inférieure à celle du milieu, il en résultera du froid pour le premier. C'est ce procédé indirect qui est mis en œuvre dans la nature : le rayonnement nocturne, s'exerçant vers les espaces planétaires, abaisse la température du sol au-dessous de celle des corps environnants et de l'air ambiant ; c'est ainsi que, par une nuit sereine, quand le ciel est entièrement découvert, il peut se produire une gelée blanche, sans que la température de l'air descende à zéro. Le fait avait été observé même au Bengale, et le Dr Wells nous rapporte, dans son *Essai sur la Théorie de la rosée*, qu'on y employait, de temps immémorial, ce procédé pour obtenir de la glace. On creusait des fossés peu profonds, au fond desquels on étalait une couche de paille, et l'on y plaçait des bassins plats en terre, contenant une couche mince d'eau bouillie. Pendant la nuit, le liquide rayonnait de la chaleur vers des espaces qui ne lui en rendaient pas, et le matin l'eau était transformée en glace. Le procédé était ingénieux et le résultat obtenu devait être grandement apprécié dans un pays où il ne gèle jamais par abaissement de température de l'air. En

Europe, il n'y a pas de raison d'utiliser le refroidissement nocturne, qui ne produit que des dégâts, surtout dans la période de la lune rousse.

S'il n'existe pas de procédé direct de frigorification, ne pourrions-nous du moins trouver aucun moyen indirect de faire perdre aux corps leur provision de calorique, rapidement et à notre gré ?

On a cherché bien longtemps la solution de cet intéressant problème, qui semblait défier l'habileté des physiciens. Pour faire comprendre l'originalité et l'ingéniosité de la méthode adoptée, nous allons employer une comparaison. Quand on veut appauvrir un homme auquel on ne peut rien prendre, il n'y a qu'une façon d'opérer : qu'on lui fournisse l'occasion de s'appauvrir lui-même en dépensant ses ressources ; s'il succombe à la tentation que nous aurons fait naître, il sera bientôt réduit à la plus extrême misère. Tout cela est machiavélique, nous ne le nions pas, mais ce n'est qu'un apologue, auquel nous avons eu recours pour faire saisir en peu de mots le mécanisme des appareils frigorifiques. C'est en effet ainsi que nous venons de l'exposer que procède le physicien qui veut refroidir un corps : l'occasion de dépense qu'il lui fournira sera une occasion, voire une nécessité de produire un travail extérieur.

Le premier principe de la thermodynamique, appelé le *principe de Mayer*, nous apprend que tout travail est le prix d'une dépense de chaleur : que le corps développe donc un travail au dehors en transformant sa propre chaleur, et il se refroidira nécessairement, d'autant plus rapidement que le travail fourni par lui aura été plus considérable.

Ce travail pourra affecter des formes diverses. Une détente d'un gaz est un travail, parce que l'accroissement de volume s'effectue malgré et contre la pression du milieu ambiant, qui s'y oppose ; en se détendant, un gaz comprimé fera donc baisser sa température, et l'expérience

le montre bien, attendu que c'est ainsi que M. Cailletet a réussi à abaisser suffisamment la température des gaz, réputés incoërcibles autrefois, pour provoquer leur liquéfaction. Nos lecteurs se rappellent l'émotion causée, en 1878, par cette expérience fameuse, admirablement préparée par les beaux travaux d'Andrews, dont on n'avait pas compris jusque-là toute la portée : à 15°, l'air résistait à une pression de 800 atmosphères sans cesser de rester gazeux, alors même que sa densité était devenue voisine de l'unité; mais il suffisait de lui permettre de se détendre rapidement pour qu'on le vît ruisseler sur les parois du tube dans lequel il avait été comprimé et refroidi.

Mais il y a une autre forme de travail ; on l'appelle un travail physique, par opposition au précédent qui était entièrement mécanique. Prenons un liquide volatil et mettons-le dans les conditions voulues pour qu'il se vaporise : l'eau augmentera 1700 fois de volume en passant de l'état liquide à l'état de vapeur et, pour ce faire, elle devra refouler l'atmosphère et désagréger sa masse en séparant ses molécules. Ce double travail mécanique et physique, extérieur et intérieur, coûte son équivalent en chaleur. Aussi voyez ce qui se passe quand Leslie place une goutte d'eau sous la cloche de la machine pneumatique, à côté ou mieux au-dessus d'une large capsule de verre remplie d'acide sulfurique concentré. Le liquide bout et s'évapore dans le vide, et ses vapeurs sont absorbées, au fur et à mesure de leur formation, par l'acide avide d'eau, ce qui accélère le phénomène ; bientôt le liquide restant prend l'état solide. Cette belle expérience a été publiée en 1810 dans les *Annales de Gilbert*. M. Carré l'a modifiée en construisant une machine pneumatique spéciale sur laquelle on adapte des carafes dans lesquelles l'eau se congèle en grandes masses avec une extrême rapidité. Il est intéressant de noter que si l'eau perd du calorique, l'acide en gagne une quantité égale (1).

(1) Deleuil faisait l'expérience de Leslie dans une capsule de liége dont le défaut de conductibilité hâte la congélation de l'eau.

Avec un liquide plus volatil que l'eau, tel que l'alcool, l'éther, le chloroforme, le chlorure de méthyle, l'ammoniaque, l'acide carbonique ou sulfureux liquéfiés, l'abaissement de température est encore plus marqué, parce que l'évaporation est plus rapide; mais il faut gazéifier plus de liquide, car la chaleur de vaporisation, c'est à-dire la chaleur absorbée par le changement d'état, est généralement moindre que pour l'eau. A zéro, la chaleur de vaporisation de l'eau est égale à 606,5 calories, alors que celle de l'acétone est 140, de l'éther 94, du sulfure de carbone 90 et du chloroforme 67. MM. Cailletet, Mathias et de Strombeck ont déterminé ces mêmes constantes pour plusieurs gaz liquéfiés (1); ils ont trouvé les résultats suivants :

	CHALEUR DE VAPORISATION		TEMPÉRATURES
Acide sulfureux	87,32	calories à	10°, 5
Acide carbonique	56,25	»	0°
Protoxyde d'azote	54,45	»	5°,27
Ammoniaque	297	»	17°

Pour l'éthylène liquide, on ne connaît point encore exactement la quantité de chaleur absorbée par l'évaporation, mais on sait que ce liquide a permis à MM. von Wroblewski et Olzewski de liquéfier, en 1883, de grandes quantités d'oxygène, d'azote et d'oxyde de carbone (2).

La dissolution d'un corps soluble dans son diluant est encore un phénomène dans lequel il se produit un travail intérieur considérable, et c'est le procédé mis en œuvre dans l'application des mélanges réfrigérants. Voilà pour le coup de la vieille physique, car les propriétés de l'azotate d'ammoniaque et celles d'un mélange intime de

(1) Voir en particulier un travail de M. Mathias *Sur la chaleur de vaporisation des gaz liquéfiés*, publié dans le BULLETIN DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE, le 2 mai 1890, et une étude de M. de Strombeck dans le JOURNAL DE L'INSTITUT FRANKLIN.

(1) ANNALES DE WIEDEMANN, tome XX, p. 243.

chlorure de sodium et de neige sont connues depuis longtemps; le chlorure de calcium donne encore de meilleurs résultats que le chlorure de sodium, et la première remarque paraît en avoir été faite par Bayle, dès 1665. Réaumur, Fahrenheit, Walker, Fourcroy et Vauquelin étudièrent la question à fond, et c'est à ces physiciens que nous devons ces listes de mélanges réfrigérants que ne manque pas de reproduire tout traité de physique qui se respecte. Nous sacrifierons à la mode en rappelant le mélange de 8 parties de sulfate de soude et de 5 d'acide chlorhydrique, qui donne un abaissement de température de 17 degrés (1). Ajoutons que si les mélanges réfrigérants sont connus depuis longtemps, on aurait tort de croire que leur action fût expliquée : le *comment* est ancien, le *pourquoi* est tout à fait moderne. Du reste, les mélanges d'autrefois sont bien distancés par l'emploi des pâtes formées avec de la neige d'acide carbonique et l'éther, dont l'action frigorifique est extrêmement remarquable.

Voilà donc de nombreux procédés indirects pour refroidir les corps au-dessous de la température du milieu dans lequel ils sont plongés. En les combinant habilement, les physiciens ont obtenu des températures auxquelles l'alcool devient visqueux comme un sirop épais et les gaz dits permanents prennent l'état liquide. On descend fort au-dessous de — 100°; toutefois il est extrêmement difficile de dire exactement la température réalisée, car le thermomètre à gaz peut seul fournir à cet égard quelque donnée précise. M. Pictet croyait être arrivé à — 130°; MM. von Wroblewski et Olzewski ont relevé des températures de — 135°,8 à l'aide d'un thermomètre à hydrogène, et ils ont vu l'alcool sous forme d'une gelée blanche et le

(1) Dire qu'un mélange réfrigérant donne un abaissement de 17 degrés ne signifie pas qu'on pourrait produire une température de — 47° si l'on partait par exemple de — 30°, car il se formerait des cryohydrates solides contenant une grande proportion d'eau de cristallisation; le changement d'état cesserait donc d'avoir lieu, et par le fait même le refroidissement s'arrêterait, ainsi que l'ont démontré MM. Guthrie et Raoult.

sulfure de carbone sous forme solide : nul autre physicien n'a fait mieux qu'eux jusqu'à ce jour. Mais on descendra certainement plus bas, et nous ne désespérons pas de voir l'hydrogène lui-même sous la forme d'un barreau métallique, qu'on pourra percer, limer, tourner et polir.

La limite extrême vers laquelle on tendra sans jamais y atteindre sera la température de — 273°, appelée le *zéro absolu :* c'était la température du chaos, ce sera celle de nos mondes, lorsque le Soleil aura épuisé l'énergie que le Créateur lui a communiquée, quand les étoiles seront éteintes et que tout l'univers sera entré au repos après s'être concentré en une masse unique. La chaleur produite par cette dernière convulsion se dissipera dans l'espace, et les molécules cesseront elles-mêmes de vibrer ; ce sera la réalisation du froid absolu. En même temps qu'il dira qu'il n'y a plus de temps, l'Ange dira qu'il n'y a plus de chaleur, et cette parole marquera la fin de l'œuvre de Dieu.

II

Il n'a été question jusqu'ici que des procédés de laboratoire, permettant d'abaisser suffisamment la température d'un liquide pour le solidifier ou d'une vapeur pour la liquéfier. Or, le problème pratique se pose d'une manière tout autre : il ne s'agit plus de congeler du mercure dans un petit tube ou de préparer une goutte d'oxygène ou d'ozone, mais on nous demande des réfrigérants puissants et continus, par lesquels on puisse soutirer le calorique d'une façon suivie et maintenir pendant des jours et des mois, s'il le faut, les basses températures obtenues. En d'autres termes, l'industrie a besoin de machines frigorifiques. Le physicien, devenu ingénieur, a su réaliser cette nouvelle merveille, en utilisant les données de la Thermodynamique, la reine incontestée des sciences modernes.

Pour bien expliquer le jeu de ces appareils, il est nécessaire de remonter aux principes généraux des machines thermiques. La chose est étrange, et vraiment digne de notre attention : pour comprendre le fonctionnement de la machine à glace, il faut d'abord connaître celui de la machine à feu. L'antithèse est frappante dans les mots, mais l'analogie des moyens est étonnante.

Dans la machine à feu, on se donne pour objectif de créer du travail en dépensant de la chaleur. L'âme de ces moteurs, j'allais dire de ces transformateurs, est le foyer dans lequel on brûle un combustible : ce foyer se retrouve dans toutes ces machines, qu'elles soient à vapeur, à air chaud ou à gaz tonnant. Les calories produites par la réaction chimique constituant la combustion sont portées, par un fluide qui leur sert de véhicule, au cœur d'un cylindre, dans lequel elles deviennent des kilogrammètres. Voici comment les choses se passent. Le fluide, vapeur ou gaz, est échauffé au contact du foyer, et il se dilate derrière un piston mobile qu'il pousse devant lui ; mais ce mouvement ne peut se continuer indéfiniment, car la course d'un piston est nécessairement limitée, et il faut bien qu'il s'arrête à un moment donné. On fera rétrograder ce piston en déterminant une contraction du fluide par l'intervention d'un corps relativement froid qui reprendra une partie du calorique cédé par le foyer. Puis le foyer agira de nouveau, et un nouvel apport de chaleur produira une dilatation qui refoulera le piston en avant ; la succession de ces phénomènes engendrera un mouvement alternatif périodique du piston, lequel sera transformé, par le système d'une bielle et d'une manivelle, en un mouvement rotatif de l'arbre de couche et du volant.

L'ensemble de ces opérations correspondantes à un tour forme un cycle, qui est fermé et qui se répète sans modification.

Le type de ces cycles est celui de Sadi Carnot ; il est classique et bien connu de nos lecteurs. Le fluide évolue

entre deux températures limites, l'une T supérieure, qui est celle du foyer, l'autre t inférieure, qui est celle du corps froid, en subissant tour à tour une détente et une compression qui le ramènent à son état initial. Ce cycle se compose donc de deux phases, l'une d'addition, l'autre de soustraction de calorique, à température constante, c'est-à-dire suivant une ligne *isothermique*, séparées par une détente et une compression dites *adiabatiques*, parce qu'elles s'effectuent sans aucune transmission au dehors (ἀ privatif, διά à travers, βαίνω je marche), sans aucune intervention des parois, donc sans perte ni gain de chaleur. Le fluide, pris à un certain état, est échauffé par le foyer et maintenu à sa température même, pendant qu'il augmente de volume; puis, on le sépare du foyer, et il continue de se détendre en transformant sa propre chaleur en travail, ce qui provoque fatalement un abaissement de sa température : c'est la première phase.

La seconde phase comprend une compression à température constante au contact d'un corps plus froid que le foyer, suivie d'une compression adiabatique qui a pour effet de ramener la température à sa valeur initiale, parce que le fluide bénéficie de la chaleur équivalente au travail dépensé dans cette compression. Une certaine quantité de chaleur disparaît dans cette série d'opérations, car la chaleur Q cédée par le foyer est plus grande que la quantité q reprise; d'autre part, un certain travail $\mathcal{T}$ est créé dans le cycle, parce que la détente de la première phase donne plus de travail qu'on n'en applique à la compression de la seconde phase. En somme, la chaleur Q—q donne, par transformation, le travail $\mathcal{T}$.

Les considérations précédentes, que nous avons énoncées de la manière la plus élémentaire et la plus simple, étaient indispensables à notre étude, car elles mettent en pleine lumière le jeu des machines thermiques, dont la fonction est de faire des kilogrammètres en consommant des calories, et elles vont nous permettre de donner, en

fort peu de mots, la théorie des machines frigorifiques, dont la fonction est de faire de la glace en consommant des kilogrammètres. Dans les premières, on prend du calorique au foyer pour créer du travail ; dans les secondes, on dépense du travail pour soutirer du calorique aux corps. Les fonctions sont donc interverties.

Pour renverser ainsi la fonction, il n'y a qu'à renverser la série des opérations et à intervertir le cycle. Au lieu d'échauffer un fluide pour utiliser sa détente isothermique et adiabatique, comprimons-le, en lui enlevant au fur et à mesure de sa production, la chaleur produite du chef de cette compression, de manière à ce que sa température reste constante quand même. Nous permettrons ensuite au fluide de se détendre pour le ramener à son volume primitif : le cycle se fermera de la sorte.

Qu'avons-nous fait en définitive ?

Nous avons effectué tout le contraire de ce qui avait constitué le cycle de la machine thermique. Au point de vue thermique, nous avons repris d'abord du calorique au lieu d'en céder, puis nous avons provoqué une détente sans fournir de calorique, alors que tout à l'heure cette détente était obtenue aux dépens du calorique du foyer : en somme, au lieu de consommer $Q-q$ calories, nous en consommons $q-Q$, valeur négative égale à $-(Q-q)$. Même interversion au point de vue mécanique : nous récoltions un excédent de travail, tandis que maintenant nous le dépensons.

Or, analysons le résultat final.

Où le fluide a-t-il pris la chaleur nécessaire à sa détente de la seconde phase ? Il y a deux hypothèses à faire : ou bien il empruntera cette chaleur à lui-même, ou bien il l'empruntera aux corps environnants : il se refroidira donc, ou bien il refroidira le milieu qui l'entoure. La machine frigorifique est donc trouvée !

Chaque cycle soutire du calorique ; ces machines sont par conséquent continues, et chaque coup de piston emporte

une quantité déterminée de chaleur. Mais il faut mouvoir ces machines, et c'est pour cela qu'on les attelle à un moteur.

Le fluide mis en œuvre peut être de l'air, ou bien un gaz liquéfié, ou bien un gaz dissous : il y a donc trois classes de machines frigorifiques.

Le type des machines à air est la machine de Giffard ; celle de Pictet est le type des machines à gaz liquéfié, car elle emploie du gaz sulfureux liquide; Carré a inauguré le troisième type en recourant à l'ammoniaque en dissolution dans l'eau.

Ce serait une entreprise audacieuse et trop au-dessus de nos forces de vouloir décrire, sans dessin, une de ces machines ; nous y renonçons, mais on a compris que ces appareils comportent cylindres, pistons, soupapes ou tiroirs, arbres de couche et volants, et qu'on y trouve nécessairement un compresseur et un détendeur.

Le rendement de ces appareils est satisfaisant, et les résultats obtenus dépassent les espérances des inventeurs. Les premières machines ont du reste été grandement perfectionnées par Bell-Coleman, Hall, Lightfoot et Matthews ; par Vincent, Linde, Lavergne, Fixary et Windhausen ; enfin les machines à affinité, employant les solutions ammoniacales, ont reçu leur dernière forme de MM. Mignon et Rouart, Wood et Pontifex, Perkins, etc.

Pour apprécier leur rendement, signalons les expériences faites sur une machine Linde, en 1886 : une machine motrice de 53 chevaux a produit 1750 kilogr. de glace en une heure ; cela correspond à une fabrication très économique de 27 kilogr. de glace par kilogr. de charbon brûlé dans le foyer de la machine à vapeur. Une machine Fixary horizontale donne 1000 kilogr. par 35 chevaux, soit 20 kilogr. de glace par kilogr. de charbon. Dans ces conditions, le prix de revient du kilogr. de glace ne dépasse pas la somme de 1/2 centime dans une installation de quelque importance. La glace de Norwège trouve donc un sérieux concurrent dans les localités éloignées des ports de mer.

III

Les applications du froid sont déjà extrêmement nombreuses, et elles se multiplient chaque jour. L'invraisemblable même se réalise, et des sociétés ont été créées pour donner satisfaction aux amateurs fanatiques de patinage : les appareils frigorifiques étaient utilisés pour entretenir, été comme hiver, de vastes surfaces de glace sur lesquelles on devait glisser fort agréablement pendant les chaleurs de la canicule (1). L'expérience a bien réussi, mais l'affaire a échoué, par défaut d'enthousiasme des patineurs. Je ne cite le fait que pour sa curiosité et dans le but de faire ressortir la variété des applications du froid.

Paris consomme annuellement 18 millions de kilogr. de glace ; c'est un volume d'environ 20 000 mètres cubes, et l'on peut se représenter cette masse sous la forme d'un bloc ayant pour base un carré de 10 mètres de côté et mesurant 200 mètres de hauteur. Voilà de quoi frapper bien des carafes et préparer d'innombrables sorbets ; c'est qu'en effet la majeure partie de cette glace est destinée à flatter la gourmandise des habitants de la grande ville ; le reste est employé pour abaisser la température des halles et des marchés. On a cherché à rafraîchir les lieux publics et surtout les salles de théâtres, dans lesquelles la chaleur est intolérable en été, et M. Carré avait proposé autrefois de ventiler par l'air glacé le théâtre du Châtelet ; les frais d'établissement de cette installation ne devaient pas dépasser 30 000 francs, et la dépense journalière d'entretien était acceptée à forfait pour la modique somme de 40 francs. Je ne sais pour quelle raison ce projet n'a pas reçu d'exécution ; il serait pourtant grandement désirable que l'on étudiât pratiquement la question en vue d'une application plus sérieuse, notamment pour le rafraîchisse-

(1) Brevets anglais West et Mackay, 1875 et 1876.

ment des salles d'hôpitaux. Aujourd'hui que la ventilation mécanique par insufflation se fait presque partout, il est tout aussi facile de refroidir l'air admis en été qu'il est aisé de le chauffer en hiver : on pourrait donc maintenir toute l'année la température des salles à 18 degrés.

C'est dans l'industrie qu'on a jusqu'ici tiré le meilleur parti des appareils frigorifiques. Le froid est un auxiliaire très efficace dans toutes les usines dans lesquelles on traite des matières fermentescibles, parce qu'il permet d'arrêter le développement des fermentations, si elles ne doivent pas se produire, ou de les diriger, s'il ne s'agit que de les modérer. On se rend compte de cette action en se rappelant que toutes les substances organisées, végétales ou animales, renferment en elles ou reçoivent de l'air les germes qui amènent leur décomposition par fermentation. Ces germes ne se développent qu'à la faveur d'une température déterminée pour chacun d'eux : la fermentation peut donc être ralentie par le froid ou même complètement suspendue. Tel est le cas des sucreries, des fromageries, des magnaneries, des fabriques de gélatine et surtout des brasseries à fermentation basse. Dans cette dernière industrie, les machines frigorifiques jouent un rôle considérable. Dans certaines brasseries allemandes, on a installé des tuyauteries de 25 et même de 30 kilomètres de développement, dans lesquelles on fait circuler un liquide glacé, mais incongelable, tel qu'une dissolution de chlorure de magnésium à 21° Beaumé ; on réussit ainsi à maintenir absolument constante la température des cuves de fermentation et des cuves de garde.

Le froid est un des meilleurs agents de conservation des substances alimentaires, parce qu'il arrête le développement de la fermentation putride. Le fait était anciennement connu, et il suffit de rappeler les cadavres de mammouths découverts dans les glaces de la Sibérie, dont la chair était si bien conservée qu'elle excita l'appétit des chiens, et pourtant ces pachydermes étaient là depuis l'époque quaternaire.

L'expérience a été répétée : un lapin fraîchement écorché et congelé à — 65°, de manière à devenir dur comme du bois, se conserva indéfiniment; on ne tarda pas à appliquer ce procédé, et je pense que ce furent les pêcheurs qui montrèrent le plus d'initiative.

La consommation de la glace est devenue énorme dans les ports de pêche, et les plus petits patrons en descendent quelques blocs à fond de cale pour conserver leur poisson. On charge ensuite celui-ci dans des wagons à double enveloppe, garnis de glace, et souvent même le poisson est congelé en masse et il voyage au centre d'un énorme glaçon. On a abusé de la crédulité du public en racontant que l'animal engourdi renaissait à la vie quand on le dégageait de sa prison transparente; mais il est certain qu'aujourd'hui les pêcheurs de la mer du Nord et de la Manche vont faire concurrence à leurs confrères de la Méditerranée.

C'est M. Charles Tellier qui eut le premier l'audace de transporter sur notre continent les animaux abattus dans le nouveau monde : il arma *Le Frigorifique* pour amener en France les viandes qui se vendaient à vil prix à Buenos-Ayres. Il ne réussit pas tout d'abord, mais aujourd'hui l'opération est courante, et l'Angleterre a reçu l'an dernier plus de dix millions de moutons provenant de la République Argentine, d'Australie et de la Nouvelle-Zélande; l'importation totale de viandes gelées s'est élevée à plus de 80 000 tonnes de bœuf et de mouton. L'Allemagne et la Belgique en reçoivent aussi de grandes quantités; en France, au contraire, l'insuccès des premiers essais a jeté une défaveur sur les viandes frigorifiées. Ces premiers insuccès furent causés par une erreur théorique commise dans l'appréciation de l'action du froid : les microphytes ne sont pas tués par les basses températures, ils ne sont qu'engourdis; le froid n'exerce pas sur eux une action comparable aux antiseptiques; son rôle n'est que défensif et nullement offensif. Il en résulte que les germes de

la fermentation putride survivent à l'application du froid et qu'ils rentreront en action aussitôt après le dégel. Si le dégel est pratiqué sans précautions spéciales, la viande se corrompra avec une extrême rapidité ; aussi reçoit-on les cargaisons des navires frigorifiques dans des chambres froides, dans lesquelles on ramène très lentement la température des quartiers de viande à + 4 degrés, avant de les transporter aux étaux de vente. On compte actuellement en Allemagne 14 villes pourvues d'établissements de ce genre. La société Bell-Coleman alimente un certain nombre de dépôts d'Angleterre et d'Allemagne par une flottille de 30 navires, et chacun d'eux apporte par traversée 135 tonnes de viande, valant 250 000 francs environ.

Les études qui ont été faites de l'action du froid sur les micro-organismes ont été fort instructives, car elles ont démontré que la congélation ne peut nullement remplacer la pasteurisation qui stérilise les ferments. Les microbes ne sont pas détruits par des températures de — 80°, prolongées pendant plusieurs mois ; s'il en est quelques-uns qui périssent, un plus grand nombre résistent. Ainsi le *Bacillus prodigiosus* et le *Proteus aureus* meurent, tandis que le *Staphylococcus pyogenes* et le terrible bacille de la fièvre typhoïde survivent (1). La glace bulleuse renferme un plus grand nombre de microbes que la glace limpide et transparente. Méfions-nous donc de cette glace que nous introduisons dans nos boissons sans contrôle, et exigeons qu'elle soit faite avec de l'eau pure et filtrée, car la congélation ne constitue aucune garantie d'innocuité (2).

Le froid est un agent dont l'industrie chimique ne pourrait plus se passer. Je n'en citerai qu'un seul exemple, celui du traitement des eaux-mères des marais salants :

(1) Cette constatation a été faite par M. Prudden et publiée en 1887 par le New-York Medical Record.

(2) Voir dans la Revue scientifique, septembre 1887, un article de M. de Varigny sur *Les Bactéries de la glace.*

le génie de Balard y avait découvert le brome, son travail persévérant en a extrait la soude, la potasse et la magnésie. L'eau de la mer est d'abord amenée dans de vastes bassins plats où elle s'évapore sous l'influence des rayons du soleil et des fortes brises; le sel marin se dépose, et après sa précipitation le liquide concentré est souvent rejeté; c'est ce liquide qu'on appelle l'eau-mère. On la rejetait parce qu'elle donnait un dépôt complexe de chlorure de sodium et de magnésium inutilisable, et pourtant elle renfermait encore, outre ces produits, du chlorure de potassium et des sulfates de chaux et de magnésie. Balard a découvert des procédés qui permettent de retirer une partie de ces sels, qui ont une grande valeur commerciale. Partant de cette observation que le sulfate de soude est insoluble aux basses températures, il eut l'idée de refroidir les eaux-mères à — 18°; en vertu des lois de Berthollet, une double décomposition devait se produire, et de fait on voit se précipiter le sulfate de soude, le chlorure de magnésium formé restant dissous. Cette opération achevée, l'eau-mère peut de nouveau être soumise à une évaporation qui donnera du chlorure de sodium très pur, dit sel *fin-fin*, puis du chlorure de magnésium et de potassium. Les dernières eaux sont traitées par l'acide sulfurique et le bioxyde de manganèse pour en extraire le brome qu'elles renferment. Telle est l'industrie des sauniers que Balard a sauvée, car la découverte des gîtes de carnalite de Stassfurt l'avait fort compromise (1).

Il y aurait encore à signaler l'emploi du froid pour l'extraction de la paraffine des huiles, mais dans un aussi vaste sujet il faut savoir se borner (2).

Arrivons à l'application la plus brillante du froid, celle qui en a été faite dans les travaux du génie civil et notamment dans l'exploitation des mines.

(1) Le traitement des eaux-mères est pratiqué, d'après le procédé Balard, par MM. Merle et Cie, à Salindres.

(2) Voir Revue industrielle du 19 mars 1889.

Le fonçage d'un puits dans un terrain aquifère ébouleux, formé de sables demi-consistants, présente quelquefois des difficultés insurmontables ; ni les trousses picotées, ni les trousses coupantes, ni l'emploi de l'air comprimé ne donnent souvent de résultats, et l'on a vu des compagnies abandonner certaines fosses, dont leurs ingénieurs ne pouvaient mener leurs travaux à bonne fin. L'application du froid peut seule dans ce cas leur épargner la honte d'un échec. Ce procédé, inventé par M. Poetsch, a pris rang depuis quelques années parmi les meilleurs procédés de l'exploitation, et il ne présente plus guère d'aléa ; au contraire, mieux que tout autre, il permet une évaluation précise de la durée du travail et de son prix de revient, et il donne rarement lieu à de graves mécomptes.

La méthode consiste à congeler l'eau contenue dans la partie du terrain mouvant qu'occupe la position du puits projeté de manière à solidifier complètement le sol et à en faire un bloc compact ; on creusera à la main ce bloc artificiel sans avoir à faire jouer aucune pompe. L'opération achevée, on construira contre la paroi glacée un cuvelage de bois ou de maçonnerie très étanche et fort résistant ; cela fait, les sables peuvent être dégelés et redevenir mouvants, car ils sont maintenus.

La seule difficulté du procédé consiste à congeler en masse un grand volume de terre, de sable et d'eau ; cela se fait simplement quand on dispose d'une puissante machine frigorifique. Voici comment on opère.

Traçons sur le terrain un polygone encadrant la section du puits à foncer, et creusons sur le périmètre de ce polygone, à égale distance les uns des autres (1), des trous de sondage de 25 à 30 centimètres de diamètre, de manière à traverser entièrement la couche aquifère et à pénétrer de quelques mètres dans la couche solide et sèche sous-jacente.

(1) Leur écartement varie de $1^m,30$ à $1^m,80$.

On prépare alors des tubes de fer résistants, présentant une longueur égale à la profondeur des sondages, et on les ferme à leur extrémité inférieure ; on y introduit un tuyau de quelques centimètres de diamètre occupant la place de l'axe, débouchant au fond du tube et le dépassant à la partie supérieure ; on obture de plus l'ouverture annulaire située entre le tuyau et le tube. Ce dispositif permet de produire dans les tubes une circulation de liquide qui descendra au fond du tube par le tuyau et sera repris quand il aura regagné son sommet. Tous ces appareils sont descendus dans les sondages, et on y fait passer un courant continu d'un liquide incongelable, maintenu à — 15 ou — 20 degrés par une machine frigorifique. Des tubes semblables seront du reste disposés aussi à l'intérieur du polygone, à la place même où il faudra plus tard creuser le puits.

Les choses étant ainsi disposées, on établit le courant de liquide froid et on le continue jour et nuit, sans aucune interruption ; la température du terrain s'abaisse progressivement, et il se forme autour de chaque tube un manchon cylindrique de glace, dont le diamètre croîtra de plus en plus jusqu'à ce qu'ils viennent tous en contact et qu'ils se soudent les uns aux autres. A la longue ils formeront un bloc unique, dur et compact, qui est imperméable à l'eau.

On retire alors les tubes placés à l'intérieur du polygone, mais on continue de faire circuler le liquide dans les autres, et les ouvriers commencent le fonçage. Ils ne travaillent qu'au pic et à l'aiguille, car l'ébranlement résultant d'un coup de mine pourrait disloquer la masse solidifiée et produire une voie d'eau.

Dès que la couche aquifère est traversée, on procède au placement d'un cuvelage ; si l'on maçonne, il faudra employer des ciments à prise rapide, et il sera quelquefois utile d'y mélanger du sel, pour retarder la congélation de l'eau et obtenir une plus prompte et meilleure solidification.

La première expérience de M. Poetsch a été faite en 1883, dans la concession de Douglas, près de Magdebourg : cet essai fut traversé par des obstacles inattendus, résultant surtout de la difficulté de produire la congélation d'une aussi grande masse ; de plus, les ouvriers furent incommodés par le froid, et les maçonneries manquèrent d'étanchéité. Le puits avait 16 mètres carrés de section et la couche aquifère mesurait 40 mètres d'épaisseur : on réussit, quoique péniblement, à achever la fosse. Ce travail avait exigé une dépense de 42 000 francs d'appareils et il coûta 17 000 francs (1).

Le succès relatif de cette première tentative provoqua une seconde application de la méthode à la Max Grube (à Michal Kowitz, Silésie), en 1885 ; mais les tubes, de mauvaise qualité, se déformèrent et se rompirent sous la pression latérale du terrain, et la solution incongelable se répandit dans le sol ; comme elle ne se solidifie qu'à —40°, elle empêcha complètement la formation des manchons et il fallut abandonner l'entreprise.

Cet échec n'arrêta néanmoins pas M. Pœtsch, et on creusait, en 1886, un troisième puits à Finsterwald, entre Berlin et Dresde : cette opération fut suivie par M. Keller, et cet habile ingénieur publia un rapport duquel nous extrayons les chiffres suivants :

Prix des machines, tuyaux, etc.			75 000 francs.
Montage et installation.			24 000 »
Ensemble des frais.	Amortissement	18 750	
	Transport, montage	29 000	
	Frais	13 200	
	Muraillement	9 500	
	Divers	9 500	
		Total :	80 000 francs.

(1) Nous empruntons ces chiffres à une intéressante étude de M. Lebreton insérée dans le tome VIII, 8e série, des ANNALES DES MINES, 1885.

Ce puits avait $2^m,34$ de diamètre intérieur, le muraillement mesurait $0^m,34$ d'épaisseur, la profondeur de congélation atteignit $42^m,65$. Le travail dura huit mois.

Depuis lors on ne compte plus les applications du procédé : signalons le puits de Kœnigs-Wunterhausen et celui de Jessenitz, en Mecklembourg, où l'on fonça un puits de 5 mètres de diamètre à travers une couche aquifère de 75 mètres de hauteur. Des études théoriques ont été faites par M. Alby (1), et elles permettent de calculer à l'avance le temps nécessaire pour former un bloc continu et solide au milieu des sables mouvants ; l'évaluation des frais est dès lors aisée et l'imprévu se trouve presque entièrement éliminé. La Compagnie des mines de Lens achève en ce moment le fonçage d'un puits, dont j'ai visité les travaux dans le courant du mois de juillet dernier ; le travail s'est fait un peu lentement, mais avec une parfaite régularité, en un point où il était absolument impossible d'employer tout autre procédé ; l'épaisseur de la couche qu'il fallait traverser était de 45 mètres ; on a établi 28 trous de sondage.

Le procédé Pœtsch n'est pas seulement applicable aux puits de mines ; il a permis au capitaine suédois Lendmark de percer un tunnel à Stockholm. La description de ce beau travail nous mènerait malheureusement trop loin, et nous sommes obligé de renvoyer nos lecteurs à un Mémoire publié dans les *Institutions of Mechanical Engineers* de juin 1886.

Il existe bien d'autres applications du froid, mais les exemples que nous avons cités suffisent pour faire apprécier la fécondité de la théorie de la frigorification. Quelle distance entre les premiers essais de Bayle, de Réaumur et de Leslie, et les admirables résultats obtenus aujourd'hui ! L'invraisemblable est devenu une

(1) *Note sur les expériences de congélation des terrains*, ANNALES DES MINES, 8e série, tome XI, 1887.

réalité, et nous voyons les ingénieurs manier avec une aisance étonnante de grandes masses d'acide carbonique et de gaz ammoniac liquéfiés, dont les physiciens étaient naguère très fiers de produire quelques gouttes dans leurs laboratoires, sous les yeux de leurs élèves émerveillés.

AIMÉ WITZ.

LES ACRIDIENS RAVAGEURS

Les Criquets nomades, dont les ravages ont laissé tant de traces dans l'histoire, appartiennent à la famille des *Acridiens* et se rangent par conséquent parmi les *Orthoptères sauteurs*. Encore aujourd'hui on les désigne souvent sous le nom impropre mais plus connu de *sauterelles*.

A condition de ne pas s'en tenir aux ressemblances grossières des formes extérieures, on distingue aisément les Acridiens et les Locustiens ou Sauterelles proprement dites. Les Acridiens ont quatre articles aux tarses; les Sauterelles n'en ont que trois. Chez celles-ci, les organes supposés de l'ouïe sont placés sur les tibias; chez ceux-là, de chaque côté, sur le métathorax. Les antennes des Acridiens sont moins longues et plus massives. L'oviscapte des femelles, qui sert de tarière au moment de la ponte, est beaucoup moins saillant que chez les Locustiens et n'est point, comme chez ces derniers, conformé en sabre. De plus, les Locustiens n'ont guère l'instinct des migrations lointaines.

La confusion des Sauterelles et des Criquets nomades

est le fait des personnes étrangères aux classifications entomologiques; mais le doute règne, même parmi les naturalistes, au sujet des espèces d'Acridiens qui dévastent périodiquement tel ou tel pays des deux mondes.

En 1889, M. Jules Künckel d'Herculais, président de la Société entomologique de France, fut envoyé en Algérie, par le Ministre de l'Instruction publique, pour y organiser un service de destruction des Acridiens migrateurs. Son premier soin fut de dépouiller les documents anciens et récents, d'exhumer des figures oubliées, de recueillir des renseignements et des échantillons, de traverser le pays de la mer à Tougourt et de suivre jour par jour la marche de l'invasion :

« Une conclusion, dit-il, se dégagea nettement : c'est que si l'Algérie recevait à des intervalles plus ou moins éloignés la visite de la *sauterelle* de la Bible, l'*Acridium peregrinum* Olivier, venant par étapes du centre africain, elle avait eu à subir à plusieurs reprises les ravages d'une autre espèce, le *Stauronotus maroccanus* Thunberg » (1).

Ainsi que des déterminations rigoureuses en font foi, cette même espèce, abondante sans doute au Maroc et en Algérie, n'est pas propre à ces contrées. Elle a désolé l'Asie-Mineure, la Russie méridionale, l'île de Chypre et la Hongrie. Des individus isolés ont été observés en France ; ils s'y reproduisent même, sans donner lieu toutefois à des éclosions en masse. Enfin, d'après les observations de M. Bolivar, professeur d'Entomologie à l'Université de Madrid, et du P. Pantel, S. J., elle a seule à son actif les dévastations de ces dernières années en Espagne.

Les naturalistes russes ont acquis la certitude que le *Pachytylus (Œdipoda) migratorius* Linné, commun en Europe, du moins à l'état sporadique, a plus d'une fois

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CVIII, 275.

ravagé lui aussi la Russie méridionale et les provinces danubiennes.

A certaines années, le Japon subit de redoutables invasions de Criquets. Les échantillons envoyés au Dr Bonnet, du Muséum de Paris, ont tous les caractères du *Pachytylus migratorioïdes* Reiche (1). Le P. Camboué, S. J., a observé à Madagascar, en troupes nombreuses, la var. *capito* Saussure de la même espèce. Un des Acridiens les plus nuisibles aux États-Unis est le *Caloptenus spretus* Thomas, hôte permanent des Montagnes Rocheuses, comme l'ont prouvé les belles études des savants américains Cyrus Thomas, Ch. Riley et Packard (2).

L'*Acridium peregrinum,* le Criquet pèlerin, paraît être une espèce cosmopolite (3). On le rencontre dans la plupart des régions chaudes ou tempérées, même en Europe. C'est lui qui, au mois de mai dernier, a dévasté le nord de l'Afrique et en particulier l'Algérie.

Il n'est que trop connu même dans le Nouveau-Monde, si l'on peut du moins, avec Martin de Moussy (4), mettre à sa charge les invasions de l'Amérique du Sud.

Des missionnaires français en ont envoyé de Chine quelques échantillons nettement caractérisés. M. Cotes (5), de l'*Indian Museum* à Calcutta, lui attribue les ravages récents des plaines arides de Punjab et de Rajputana.

Disons pourtant que l'identité des Criquets n'a pas toujours été établie avec une certitude suffisante. Accidentellement témoins d'une invasion, des hommes, du reste étrangers aux sciences, se sont plus d'une fois improvisés naturalistes. Trop souvent leurs relations échappent à tout contrôle, faute de pièces authentiques. Et puis, que d'observations bien faites restent stériles pour la science à

(1) *Le Naturaliste*, 2e série, n° 107, 1891, 192.
(2) *Report of the United States Entomological Commission*, 1877, 1878.
(3) Voir *Rev. des quest. scient.*, 1887, XXI. 300, et *Revue de Genève*, 1886, II.
(4) M. de Moussy, *Description de la Confédération Argentine*, I, 537.
(5) *Nature*, XLI, 403, 491.

cause de la nomenclature défectueuse des ouvrages un peu anciens !

Des contestations surgiront donc à plaisir, tant qu'on n'aura pas recueilli dans les différentes parties du monde un nombre suffisant d'Acridiens adultes, tant qu'on ne s'en tiendra pas, pour la systématique, aux décisions du dernier Congrès zoologique international de Paris.

Cette année, l'invasion d'Algérie a particulièrement fixé l'attention sur l'*Acridium peregrinum*, le Criquet pèlerin. C'est lui surtout qui nous occupera dans ces quelques pages. Nous le suivrons depuis l'œuf jusqu'à l'âge adulte, à travers toute la série de ses métamorphoses. L'accompagnant ensuite dans ses migrations, nous verrons les victimes de ses ravages se débattre contre lui dans une lutte désespérée et trop souvent impuissante.

Déjà au siècle dernier, les naturalistes avaient étudié les stades successifs de l'évolution des Insectes. Citons seulement les remarquables observations de Réaumur sur le mécanisme de l'éclosion des Mouches, observations faites dès 1738, confirmées et complétées depuis par von Gleichen, Reissig, Lowne et Weismann. Chez d'autres Arthropodes, on releva bientôt des particularités physiologiques non moins intéressantes. La sortie de l'œuf et les mues des Acridiens furent décrites et les principaux détails qui s'y rapportent sont devenus classiques ; on les trouve indiqués brièvement mais avec exactitude dans les traités d'Entomologie.

Depuis quelques années, les savants français et espagnols ont eu plusieurs fois l'occasion de vérifier les assertions de leurs devanciers et de les compléter sur quelques points.

Quand un *vol de sauterelles* s'est abattu sur une contrée, l'accouplement a lieu presque aussitôt. Un peu plus tard, on voit les femelles fouiller le sol à l'aide de leur tarière

et enfoncer l'abdomen, de 5 à 8 centimètres, dans le sable meuble, dans les terres compactes et même dans le sol des routes battues. Le trou de ponte reçoit d'abord une matière écumeuse, semblable à du blanc d'œuf battu, puis de 60 à 90 œufs, qui seront encore recouverts de mucosité. En séchant, cette matière fixe une certaine quantité de sable et forme une coque ovigère de texture terreuse, où les œufs sont empilés sans grande régularité.

Les œufs des Acridiens sont cylindriques, arrondis aux deux bouts, assez fragiles, faiblement colorés en gris blanc et traversés de lignes blanchâtres. Un peu avant l'éclosion, deux points noirs marquent la place des yeux de la larve. Une augmentation sensible de volume accompagne le développement de l'œuf. L'évolution terminée, il mesure environ 12 millimètres en longueur sur 3 en diamètre.

Dans les climats tempérés, une ponte a lieu assez avant dans la saison ; les Insectes adultes meurent : une génération nouvelle se lèvera aux premières chaleurs. Suivant M. Decaux, membre de la Société entomologique de France (1), les œufs du *Stauronotus* n'arrivent à terme qu'après l'hiver. Il en est de même pour les œufs du Criquet pèlerin, du moins dans les régions tempérées. Mais, comme l'a observé entre autres M. Cotes (2), dans les régions subtropicales, comme l'Inde, où les froids ne sont pas rigoureux, les Acridiens aptes à se reproduire pondent et meurent, non en automne, mais seulement au printemps. Dans ce cas, les œufs éclosent au bout d'un mois environ. M. Charles Brongniart, du Muséum de Paris, a vu en Algérie les jeunes Criquets pèlerins sortir de l'œuf dix-neuf jours seulement après la ponte. La croissance de l'embryon est donc plus ou moins rapide suivant les espèces et suivant les conditions du milieu. Une

(1) *Revue des sciences naturelles appliquées*, 38e année, n° 23, 5 décembre 1891, 639.

(2) *Nature*, XLI, 403.

chaleur modérée la favorise. En 1886, lors de l'invasion du *Stauronotus maroccanus* en Espagne, les municipalités de la Nouvelle-Castille avaient imposé la récolte d'une mesure déterminée de coques ovigères par habitant. A la maison communale de Villarubio, près d'Ucles, les coques furent entassées pêle-mêle dans une salle. La pression en écrasa un grand nombre ; une vraie fermentation s'ensuivit, et le dégagement de chaleur activa le développement des œufs qui avaient résisté. Un beau jour, en plein mois de février, l'éclosion eut lieu. De petits Criquets sortirent par milliers. On se serait cru dans une immense fourmilière.

Les essaims de *sauterelles* disparaissent à bref délai sans laisser de postérité, quand ils émigrent vers le nord. Est-ce le froid qui les tue ou qui compromet la maturation des germes ? Je ne sais ; mais durant la même invasion d'Espagne, le P. Pantel soumit pendant deux heures au froid d'un mélange de sel et de glace des coques ovigères placées à sec dans un doigtier de caoutchouc, puis les enterra à environ 5 centimètres, profondeur normale des trous de ponte. Huit coques sur dix donnèrent une éclosion régulière. Il est à croire qu'un froid humide et persistant produirait de tout autres effets.

D'après une note communiquée par M. Künckel à l'Académie des sciences le 24 mars 1891, la sortie de l'œuf des jeunes Acridiens serait due à un mécanisme fort compliqué.

« Isolant des coques dans des tubes de verre, j'ai pu, dit-il, suivre au lever du jour toutes les phases de l'éclosion. Chaque coque est fermée par un couvercle admirablement adapté ; six ou sept jeunes, réunissant leurs efforts, le font sauter en le projetant parfois à plusieurs centimètres ; et cependant ils ne peuvent faire usage des outils que la nature mettra plus tard à leur service : mandibules tranchantes, pattes robustes garnies d'épines et terminées

par de forts crochets ; ils sont encore soigneusement emmaillotés. Si on les examine attentivement, on reconnaît qu'ils ont la faculté de faire saillir de la région dorsale, entre la tête et le prothorax, une ampoule qu'ils gonflent ou rétractent à leur guise. C'est à l'aide de cette ampoule cervicale qu'ils soulèvent la porte de leur demeure. Mais là ne s'arrête pas le rôle de cet appareil : il leur donne le moyen de renverser les obstacles qui s'opposent à leur passage pour arriver au jour ; bien plus, il leur permet de modifier à leur gré le volume de chacune des régions du corps et, de la sorte, leur donne la facilité de passer à travers les fissures du sol les plus étroites, de sortir de leurs coques ovigères, au couvercle obturé, par une fente faite au canif, de s'échapper des boîtes par des trous imperceptibles. Le rôle de l'ampoule cervicale est encore plus important : aussitôt qu'ils sont parvenus à la lumière, les jeunes Acridiens muent ; c'est en gonflant l'ampoule qu'ils rompent la membrane qui les enveloppe, et c'est en emmagasinant le sang dans sa cavité qu'ils diminuent le volume des autres parties du corps et détachent cet amnios ; les mouvements de contraction des muscles achèvent de le conduire à l'extrémité du corps. Ainsi délivrés, les jeunes Acridiens peuvent alors faire usage de leurs membres pour la marche, le saut, et ont la libre disposition de leurs antennes et de leurs pièces buccales » (1).

Ailleurs, M. Künckel dit avoir constaté qu'à chaque nouvelle mue l'ampoule cervicale, se gorgeant de sang, exerce sur la région dorsale du tégument une violente pression qui en détermine la rupture ; que le refoulement du sang dans l'ampoule cervicale est rendu possible par l'introduction dans le jabot d'une grande quantité d'air et la diminution que subit par suite la capacité de la cavité générale.

(1) *Comptes rendus*, CX, 658, 809. — Voir aussi *Rev. des quest. scient.*, juillet 1891, 316.

Tous ces détails seront-ils confirmés un jour ? Nous ne pouvons nous empêcher d'en douter, malgré les dissections nombreuses qu'invoque l'auteur et les dessins que, selon son expression, il exécuta en prenant la nature sur le fait. Chez les Acridiens, l'appareil respiratoire est parfaitement indépendant du tube digestif, même à l'état larvaire. La déglutition d'air a donc assurément de quoi surprendre, surtout avant l'éclosion, alors que, suivant M. Künckel lui-même, les trachées n'ont pu s'en gorger encore.

Quant à l'ampoule cervicale, M. Packard, qui a beaucoup étudié les Acridiens des Montagnes Rocheuses, a remarqué de fait une certaine expansion de la membrane qui unit la tête au prothorax; mais il ne lui attribue qu'avec hésitation la rupture de l'œuf et de la coque ovigère (1), et ne parle point d'une cavité spéciale capable de se remplir de sang sous l'empire de la volonté.

M. Riley, l'entomologiste américain, pense que les pattes jouent le principal rôle dans le processus de l'éclosion. Celle-ci, dit-il, est précédée « d'une série de contractions et d'expansions ondulatoires des différentes articulations du corps. Il en résulte un frottement, faible mais durable, des extrémités des mandibules, des pointes des pattes postérieures et des crochets terminaux de toutes les pattes contre la coque, qui s'affaiblit et finit par céder » (2).

D'abord, chez le *Stauronotus maroccanus* et vraisemblablement chez tous les Acridiens, l'enveloppe de l'œuf arrivé à maturité n'offre plus guère de résistance. Elle est fendillée de toutes parts, grâce sans doute à la dilatation progressive des matières qui y sont contenues. C'est du moins ce qu'a pu constater, sur des centaines d'échantillons, le P. Pantel, témoin des derniers ravages faits

(1) A. S. Packard, *Report on the Rocky Mountain Locust* (Ninth Annual), 632, 634.

(2) Ch. Riley, *Ninth Annual Report of the Noxious, Beneficial and other Insects of the State of Missouri*, p. 89.

en Espagne par le Criquet du Maroc. L'œuf s'ouvre donc sans effort. La larve s'en dégage, enfermée encore dans une cuticule transparente qui se moule lâchement sur le corps. Cette sorte de fourreau laisse les membres indépendants les uns des autres, mais les empêche pourtant de servir à la marche et de gratter les parois de l'œuf. Véritable housse élastique, il paraît destiné à protéger le corps si mou du jeune Acridien contre les frottements que les circonstances de l'éclosion rendent inévitables.

Quand les œufs ne sont pas enterrés, comme c'était le cas lors des éclosions que le P. Pantel observa au coin du feu dans sa chambre de travail, la dépouille reste adhérente à quelque aspérité de la coque ovigère ou est emportée, toute chiffonnée, à l'extrémité postérieure de l'abdomen, d'où elle se détache bientôt. Mais quand la coque est dans le trou de ponte, l'animal ne dépose l'enveloppe protectrice qu'après être arrivé à la surface.

Ainsi emmaillotée, comment la larve peut-elle donc sortir de son nid souterrain, vu surtout que, selon M. Künckel, « chaque coque est fermée par un couvercle admirablement adapté » ?

Sans doute la coque ovigère, cylindre terreux formé de sable agglutiné, est assez résistante après la dessiccation de la mucosité sécrétée par la femelle, et la couche supérieure qui recouvre les œufs, malgré sa porosité, est plus dure encore. Mais n'importe ; laissée en terre, la coque devient friable. L'augmentation de volume des œufs y produit un grand nombre de fissures ; c'est par ces fissures que les larves s'échappent. Elles montent en passant dans l'épaisseur des parois de la coque, et s'arc-boutent par la flexion du corps, grâce probablement à des mouvements musculaires semblables à ceux qui déterminent la progression de certaines larves xylophages apodes. Si l'opercule est projeté à distance, c'est par exception, lors des éclosions artificielles ; quand les œufs restent dans le trou de ponte, le jeune Criquet ne le dérange même pas de sa position première.

Pour conclure, nous dirons qu'habituellement au moins l'*ampoule cervicale* ne fait pas crever l'œuf; qu'au moment des mues, le renflement observé sert vraisemblablement à déterminer dans la région occipitale la rupture de la peau, moins résistante en cet endroit; que d'ailleurs ce renflement ne doit pas, sans preuves nouvelles, être attribué à l'accumulation du sang dans une cavité sous-cutanée distincte. On sait combien les organes des Insectes sont rudimentaires et flasques dans le jeune âge. L'apparition de la prétendue ampoule peut donc fort bien n'être que la suite de contractions violentes des fibres musculaires de l'abdomen, refoulant la masse viscérale encore semi-fluide vers une région limitée par des pièces moins extensibles, entre lesquelles la peau est molle et élastique sur une grande surface.

Au sortir de l'œuf, les Acridiens, nous l'avons dit, déposent aussitôt l'enveloppe légère qui les protège pendant leur évolution embryonnaire. Après cette première mue, à peine digne de ce nom, puisque la pellicule n'était pas même soudée à la surface des membres, l'Insecte change encore plusieurs fois de peau, avant d'atteindre l'âge adulte.

M. Brongniart a repris, l'été dernier, l'observation des mues, déjà faite avant lui, quoique avec moins de précision peut-être.

Des Criquets pèlerins s'étaient abattus, le 15 mai 1891, à Birmandreis, dans une plantation de choux-fleurs. Quand, par ordre du Gouvernement général de l'Algérie et de la Tunisie, on retourna les terres où les Insectes avaient pondu, il se réserva un champ d'expériences et l'entoura d'une feuille de zinc d'un mètre de hauteur. La première ponte avait eu lieu le 17 mai; à partir du 5 juin, les éclosions se succédèrent sans interruption pendant dix jours. Les jeunes larves, n'ayant pas d'ailes, ne pouvaient pas sortir de l'enclos. Rentré à Paris, M. Brongniart éleva

depuis l'œuf des Criquets pèlerins rapportés d'Algérie en juillet dernier. Il fut donc aisé de suivre de près tout le détail des transformations successives.

L'*Acridium peregrinum* fraîchement éclos est vert bleu ; un demi-jour suffit pour le faire passer au brun, puis au noir. Au bout d'une semaine environ, il mue une seconde fois. La peau reste noire, mais des bandes blanches se dessinent sur les anneaux thoraciques. Le dessus de l'abdomen est moucheté de blanc, et une ligne rosée relie les ouvertures des stigmates. Huit jours après, la troisième mue accentue le rose; la tête noircit. Le même intervalle s'écoule et le Criquet, long déjà de 35 millimètres, change de peau pour la quatrième fois. Des rudiments d'ailes apparaissent. La ligne des stigmates a blanchi ; partout ailleurs le jaune citron a remplacé le blanc et le rose. A la cinquième mue, qui tarde un peu à se produire, le jaune tranche davantage ou passe à des tons rougeâtres. L'Insecte devient de plus en plus vorace. Son abdomen s'allonge. Quinze ou vingt jours plus tard, la sixième mue met fin à la période de croissance. Les ailes, plissées jusqu'alors et ramassées dans les moignons, se dégagent et s'étalent jusqu'à atteindre à peu près 50 millimètres.

L'Acridien est adulte ou, comme l'on dit en Algérie, *le Criquet est devenu sauterelle.*

Des milliers d'individus naissent et se développent en même temps. Leur voracité a bientôt raison de toutes les plantes qui les environnent. Pressés par la faim, ils courent en bataillons serrés vers les campagnes voisines encore verdoyantes. Ils ne quitteront qu'au terme de leur évolution, lorsqu'ils pourront enfin se servir de leurs ailes. Alors, au premier beau jour, des vols innombrables se rassemblent et se portent, poussés par le vent, vers d'autres régions pour y recommencer leurs ravages et s'y reproduire.

Avant d'assister au spectacle d'une invasion, arrêtons-nous encore un instant aux variations de couleur assurément fort étranges que présentent parfois les Acridiens d'une même espèce.

Suivant M. Brongniart, les Criquets pèlerins qui se sont abattus cet été sur les environs d'Alger étaient, les mâles d'un jaune brillant, uniforme, avec des taches brunâtres sur les ailes, les femelles plus brunes, quelquefois grisâtres, avec le dessous de l'abdomen et du thorax d'une teinte plombée. Ceux qui naquirent, soit en Afrique, soit à Paris, des coques ovigères tenues en observation, étaient roses, bleutés et noirs avec quelques points jaunes sur le prothorax. Des Criquets pèlerins adultes, envoyés à M. Künckel d'Herculais de l'extrême sud de l'Algérie et signalés à l'Académie des sciences le 2 février 1891, ont le jaune remplacé par « de belles nuances rouge carminé très foncé passant au rose sur les ailes inférieures et les pattes » (1). Ils présentent donc des tons beaucoup plus sombres que les Criquets élevés par M. Brongniart ou nés en liberté près du littoral du nord de l'Afrique.

Le *Stauronotus maroccanus*, blanc au moment de l'éclosion, devient noir en moins d'une heure et passe ensuite, comme le Criquet pèlerin, à des couleurs plus claires. En Espagne, il se rencontre partout, du moins à l'état sporadique, mais il se développe mieux dans les plaines de la Mancha. Ce fut là, ce semble, le centre de dispersion des *sauterelles* en 1886. Les individus qui en provenaient étaient jaunes. Dans la masse des essaims ravageurs, on les distinguait aisément des Criquets indigènes aux tons gris.

D'où vient cette différence si considérable des pigments observée sur des milliers d'individus? M. Künckel pense que la perte de la teinte primitive plus foncée pourrait bien être l'effet de la migration vers des régions plus

(1) *Comptes rendus*, CXIII, 404; CXII, 307.

froides. La réalité de cette dégénérescence à la suite d'un changement de milieu n'a pas été directement constatée. Au jugement de M. Brongniart, le passage du rose au jaune se fait normalement, à mesure que l'Insecte vieillit. Cette hypothèse expliquerait la couleur jaune des *sauterelles* ailées qui ont voyagé déjà; mais que dire alors des nuances rouge foncé des Criquets pèlerins du fond de l'Algérie, des tons gris des *Stauronotus* de la Castille?

On le voit, l'histoire des Acridiens ravageurs est loin d'être faite avec le détail et la certitude que semble comporter une famille observée de tout temps, universellement connue et déjà tant étudiée. Même leurs migrations, qui ont tant de témoins, hélas! s'entourent de mystère et laissent des doutes aux naturalistes.

Souvent les invasions de *sauterelles* sont subites. D'où viennent-elles donc en si grand nombre? Qu'est-ce qui règle leurs prodigieux mouvements d'ensemble? Pourquoi paraissent-elles cette année et pas une autre? Pourquoi l'Algérie est-elle infestée tantôt par le Criquet pèlerin, tantôt par le Criquet du Maroc, tantôt par les deux à la fois? Voilà autant de questions auxquelles il est peut-être prématuré de répondre. Recueillons pourtant, dans l'examen des faits, quelques données en vue d'une solution.

Durant le mois de juillet 1891, les *sauterelles* ont désolé les districts du Chota Nagpore et de Darjeeling, dans les Indes anglaises, au pied de l'Himalaya. Dans ces contrées, les invasions sont rares; aucun des Jésuites missionnaires résidant à Kurseong n'en avait vu jusqu'alors. Plusieurs jours de suite, des vols serrés ne cessèrent de passer au-dessus de la localité. Un bon nombre des terribles ravageurs s'abattirent. Les récoltes étaient bien compromises: pris au dépourvu, les indigènes ne purent songer à les défendre. Le 12 juillet, les Acridiens

se montrèrent en bandes plus nombreuses que jamais. D'après les lettres des missionnaires, le spectacle était à la fois magnifique et terrifiant. A distance, les Criquets ailés paraissaient blancs comme des flocons de neige et se dessinaient nettement sur le fond sombre d'un ciel nuageux. Un bruissement léger annonçait leur approche; on eût cru entendre la vague déferler au loin sur la plage. De plus près, le vol faisait l'effet d'un immense essaim d'abeilles gigantesques, voltigeant en tous sens pour faire cortège à leur reine. Quelle agitation dans cette multitude! Les Acridiens recueillis avaient « la taille et la couleur rosée des belles crevettes ». Ces détails permettent de supposer que c'étaient des Criquets pèlerins. Quelques jours de répit furent suivis d'une nouvelle invasion. C'était le 26 juillet. Par bonheur, vers midi, un vent impétueux souffla de la montagne et dispersa les ravageurs au loin dans la vallée. Les jeunes plantes, les bourgeons et les verdures les plus délicates avaient été rongés de préférence; les plantations de thé étaient anéanties. C'est la ruine pour un grand nombre de propriétaires, et la famine peut-être pour les plus pauvres. A la première heure pourtant, les natifs se réjouirent de l'événement. Très friands de *sauterelles* frites, ils en ont ramassé des provisions pour en assaisonner le *kurry*, leur plat de tous les jours.

Des détails plus complets nous sont parvenus d'Alger, au sujet de l'invasion des Criquets pèlerins dans le nord de l'Afrique au mois de mai dernier.

Tous les jours depuis leur première apparition, le ciel était continuellement traversé par une infinité d'Acridiens aux ailes transparentes. Tantôt ils s'élevaient à des hauteurs prodigieuses, dessinant sur l'azur d'immenses traînées jaune d'or semblables à la voie lactée. Tantôt ils descendaient jusque tout près du sol, formant des tourbillons gris, impétueux et irrésistibles. « De loin, dit un témoin oculaire, on eût dit une tempête de neige; de

près, une pluie de balles. » Tantôt la masse se dirigeait droit contre le vent, passant au-dessus de la fumée, se divisant pour tourner les obstacles, reformant ses rangs avec un ensemble merveilleux. Tantôt l'air en mouvement balayait l'essaim et en jetait une bonne partie à la mer. On a vu toutefois, dans le voisinage de la côte, des détachements de cette armée formidable faire volte-face, se rejeter vers le sud, et repasser à tire d'aile, sans s'inquiéter ni des traînards restés en route, ni des autres que les flots allaient engloutir.

Des millions de Criquets périssaient ou s'attardaient dans les campagnes ; néanmoins des vols nombreux continuaient à se montrer: colonnes formidables, épaisses de 10 mètres, larges de 4000, longues de 100 000 peut-être.

Pendant le jour, sous les ardeurs du soleil, les *sauterelles* papillonnent sans trève. Il en tombe, et par milliers, dans les champs, sur les chemins, dans les sillons des vignes, car il en est toujours que la fatigue entraîne. Mais la nuée ne s'abat pas tout entière : les populations sont là pour défendre leurs moissons. Le bruit effraye les Criquets. Dès le matin, les femmes et les enfants, armés de bidons et de casseroles retentissantes, se rendent aux champs; ils y feront jusqu'à la nuit un charivari vraiment infernal. L'ennemi sera écarté sans doute ; seulement il passera chez le voisin plus négligent ou moins bien armé en vue de la résistance.

En effet, le froid du soir engourdit le terrible envahisseur. Le soleil n'est pas encore couché que ses forces l'abandonnent. La nuée descend des hauteurs de l'atmosphère et se jette pêle-mêle sur les terrains vagues et les cultures mal défendues. Ces Insectes aux allures si vives tout à l'heure, les voilà inertes et sans mouvement. La terre en est toute jaune sur des milliers d'hectares. Pas moyen de faire un pas sans glisser dans la boue des corps écrasés. Les propriétaires auront beau jeu maintenant. Mort aux ravageurs! On les tuera à plaisir.

On en tue, oui, et par millions, jusqu'à ce que l'obscurité soit complète; on recommence encore dès le lever de l'aurore. Mais chaque matin amène des essaims nouveaux. « Voilà le cinquième jour qu'il en arrive, disait un homme du village d'Aïn-Taya : nous avons travaillé les trois premiers jours. A quoi bon maintenant? Il y en a trop! » Et, de guerre lasse, il abandonnait aux terribles Acridiens ses récoltes, son unique bien.

Rien n'est plus décourageant en effet que de voir le nombre infini des individus entraînés dans un même vol de *sauterelles*. Les témoins les mieux à l'abri de tout soupçon donnent à ce sujet des chiffres fabuleux.

Pendant son séjour à Biskra, S. É. le cardinal Lavigerie vit une légion de Criquets couvrant une superficie de 30 kilomètres sur 15. Le vol qui s'abattit sur les environs d'Alger le 23 mai 1891 formait une traînée de 20 kilomètres de longueur. D'après les lettres des missionnaires de Maison-Carrée, trois Mzabites revenant de Laghouat marchèrent pendant 31 jours comme à l'ombre d'interminables nuées d'Acridiens.

Le *Yang-tsé*, des Messageries maritimes, à son retour de Chine en juin 1890, rencontra dans la mer Rouge un véritable banc de Criquets noyés. Le banc s'étendait sur des centaines de kilomètres; il a fallu 24 heures pour le traverser.

Quelques mois auparavant, le 25 novembre 1889, un vol non moins remarquable passa au-dessus du paquebot *Golconde*. C'était en face des îles Hanich, dans la mer Rouge. Vers 11 heures du matin, les gens du bord virent passer devant le soleil une immense traînée floconneuse, se dirigeant vers le nord-est, d'Afrique en Arabie, avec une vitesse d'environ 12 milles à l'heure. C'était bien une nuée de *sauterelles*, car il en tomba un bon nombre sur le pont du navire. Elles volaient si haut qu'on n'eût pu les apercevoir, si elles ne s'étaient trouvées entre le soleil et les observateurs. Après deux heures de relevée, on ne vit

plus rien. Toutefois le passage doit avoir continué plus tard, car à 6 heures on recueillit encore des Criquets à bord. Le steamer faisait 14 milles à l'heure, perpendiculairement à la direction de l'essaim. Alors même que le passage n'aurait duré que quatre heures, les *sauterelles* devaient donc s'étendre sur une surface de plus de 2000 milles carrés. Le capitaine et quelques passagers s'amusèrent à évaluer le nombre d'individus que comptait ce vol vraiment extraordinaire. Ils lui supposèrent 48 milles de longueur, une largeur égale, un demi-mille d'épaisseur et une densité de 144 Criquets par pied cube. Ils arrivèrent au chiffre de 24420 billions de Criquets; leurs cadavres juxtaposés auraient pu cacher le sol sur une surface de 2304 milles carrés. Avec un poids supposé d'un seizième d'once par Criquet, l'essaim pesait 42580 millions de tonnes. Le vapeur *Golconde*, jaugeant 6000 tonnes, devrait faire 7000000 de voyages pour transporter cette masse immense d'Insectes, en les tassant bien entendu 111 fois plus qu'ils ne l'étaient dans l'air. — Le lendemain, un autre essaim se dirigeait vers le nord-est. Il paraissait plus nombreux et plus compact que celui de la veille (1).

L'origine de ces hordes innombrables est encore une énigme. Maintes fois on a signalé des nuées de *sauterelles* traversant la mer Rouge. On en peut conclure sans contredit que ces Insectes se transportent parfois à de grandes distances. M. Cotes ne s'étonnerait même pas que certaines invasions des Indes fussent le fait des Criquets d'Afrique. Il importe de remarquer, dit-il, qu'en 1869, quand Rajputana eut tant à souffrir des Acridiens, des vols immenses furent observés par les navires qui faisaient route entre Suez et Aden. Aussi serait-il intéressant de savoir jusqu'à quel point les contrées interjacentes de l'Arabie, de la Perse et du Biluchistan furent envahies alors (2).

(1) *Nature*, XLI, 153.
(2) *Ibid.*, 491.

Des migrations lointaines se produisent donc parfois ; plus souvent pourtant les Acridiens envahisseurs naissent non loin des contrées qu'ils désolent d'ordinaire par leurs ravages. Les diverses espèces observées dans les différentes parties du globe occupent d'une manière permanente des régions montagneuses et stériles. On suppose que, les années où elles se reproduisent avec plus de fécondité, le district d'origine ne suffit pas pour les nourrir. Poussés par la faim, les Acridiens s'abattent alors sur les pays cultivés, détruisent les récoltes, pondent leurs œufs et se maintiennent pendant l'évolution d'une génération nouvelle. Mais les conditions du milieu les font disparaître d'ordinaire l'année qui suit l'invasion. Les régions envahies en resteront purgées jusqu'à ce que, à la suite des mêmes circonstances, de nouveaux essaims viennent encore de l'habitat normal de l'espèce.

Voici comment les naturalistes américains expliquent les invasions périodiques de *sauterelles* aux États-Unis. Le *Caloptenus spretus* occupe dans les Montagnes Rocheuses une *région* dite *permanente* parce qu'elle réunit les conditions les plus favorables à sa conservation indéfinie. Quand, par hasard, la reproduction dépasse les limites habituelles, des essaims nombreux envahissent, soit sur le versant du Pacifique, soit sur le versant opposé, de vastes territoires, vraies *régions temporaires* où les générations nouvelles s'éteignent.

Dans l'est de l'Europe, le trop fameux *Pachytylus migratorius* ne viendrait pas des steppes, par delà la mer Caspienne, mais des îles basses et des rives de l'embouchure du Danube. L'estuaire du Kuban, au sud-est de la mer d'Azov, serait un autre centre d'où essaiment les redoutables dévastateurs des provinces danubiennes, de la Russie méridionale et de la Hongrie.

Le *Stauronotus maroccanus* aime particulièrement les roches et les terres incultes. D'après M. Künckel, cet Acridien occupe, comme *région permanente*, toute la zone

montagneuse qui s'étend de l'Atlantique au golfe de Gabès, en bordure du Sahara, à travers le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. Les Hauts-Plateaux et le Tell sont sa *région temporaire* (1). Nous avons déjà dit que le Criquet du Maroc est indigène en Espagne. On a remarqué pourtant qu'il a dans les plaines de la Mancha, au sud de la Nouvelle-Castille, un centre de reproduction plus important, d'où il émigre parfois pour aller se mêler en grand nombre aux individus de la même espèce qui vivent à l'état sporadique dans toute l'étendue de la péninsule.

L'*Acridium peregrinum* a une aire de distribution beaucoup plus étendue et dont il est actuellement impossible de tracer les limites. En Afrique, M. Künckel le croit originaire du centre. Il pense que les terres humides et chaudes de la région des grands lacs constituent sa *région permanente,* et qu'il gagne de proche en proche l'immense contrée s'étendant en arrière du Sahara jusqu'à la Méditerranée. La *région temporaire* correspondant à ce foyer d'origine serait le nord de l'Afrique, l'Arabie et la Palestine.

Dans l'Inde, le *Criquet pèlerin* vient, d'après M. Cotes, des collines sableuses du Rajputana occidental. C'est de là qu'en mai-juin 1889, il a gagné toute la contrée de Sind, Rajputana, Punjab, les provinces du nord-ouest et quelques autres districts (2).

Si ces vues encore hypothétiques se confirment, il deviendra plus facile de dresser un plan de campagne contre les Acridiens ravageurs. La façon la plus méthodique de les combattre consiste bien, ce semble, à les détruire dans les lieux d'origine. C'est certainement la seule qui donne quelque chance d'un triomphe décisif.

Mais ici que de difficultés pratiques! A Palestro et à Bordj-Bouira, M. Brongniart a compté par décimètre carré une moyenne de 35 trous de ponte contenant cha-

(1) *Comptes rendus*, CXII, 308.
(2) *Nature*, XLI, 491.

cun de 80 à 90 œufs, ce qui fait environ 300 000 œufs par mètre carré et 3 milliards d'œufs par hectare! M. Künckel a relevé sur une carte administrative tous les gisements de coques ovigères reconnus pendant l'été de 1888 dans quelques départements du territoire africain. Les pontes couvraient 150000 à 200000 hectares dans la province de Constantine, et près de 40 000 hectares dans la province d'Alger! Comment songer dès lors à détruire les œufs dans les foyers de reproduction le plus souvent incultes, rocailleux et inaccessibles?

Par bonheur, il s'en faut de beaucoup que tous les œufs des *sauterelles* viennent à terme. Un soleil trop ardent les dessèche ; les pluies persistantes les tuent. Les Lézards, les Cailles, les Perdrix, les Outardes et les Étourneaux en sont friands. Il paraît que les Alouettes en détruisent des quantités immenses. Aussi la chasse des Alouettes a-t-elle été interdite en 1889 dans le département de Constantine, où des chargements importants de ces oiseaux étaient expédiés sur Alger en destination de Marseille.

Des parasites en grand nombre s'attaquent aux œufs des Acridiens. Ils appartiennent à divers ordres d'Insectes: citons au moins les larves de Bombylides et de Cantharidiens. Il n'est pas rare que le nombre des trous de ponte infestés monte jusqu'à 50 p. c. La multiplication extraordinaire des parasites coïncide peut-être avec celle des Acridiens, rétablissant ainsi le juste balancement des espèces. Cette question d'un intérêt capital ne trouve pas de solution dans les observations encore insuffisantes faites à ce sujet.

« Les Champignons, dit M. Künckel d'Herculais, jouent un rôle destructeur des plus puissants, et je me suis assuré que, dans certains gisements, 70 p. c. des œufs avaient été atteints, et que dans d'autres 100 p. c. avaient été anéantis. J'ai vérifié l'exactitude des observa-

tions des naturalistes russes Metchnikoff et Krassilstchick, qui démontrent que l'arrêt subit des invasions des Acridiens est dû au développement des Cryptogames parasites des œufs » (1).

Les *sauterelles* ont donc des ennemis naturels, capables peut-être de devenir, sous la direction de l'homme, des instruments puissants d'extermination. On songea tout d'abord à tirer parti des Champignons.

Dès 1883, un naturaliste américain, M. le professeur Herbert Osborn, et l'année suivante M. Metchnikoff, actuellement chef de service à l'Institut Pasteur, essayèrent, mais sans succès, d'en propager dans les localités envahies. En 1888, MM. Künckel et Langlois reprirent ces essais. Ils recueillirent des Criquets portant des efflorescences blanchâtres dans diverses régions du corps, mais surtout sur les lignes de jonction des anneaux antérieurs. Au microscope, ils reconnurent que ces efflorescences étaient un feutrage de mycélium accompagné d'un très grand nombre de spores. Dans la séance du 29 juin 1891, M. Alfred Giard proposa à l'Académie des sciences, pour le nouveau Cryptogame, le nom de *Lachnidium acridiorum*. Les cultures du Champignon, l'étude en coupes minces des tissus malades, et les essais d'infestation avaient conduit aux conclusions suivantes : De jeunes Criquets résistent au contact même prolongé des adultes fortement contaminés. Chez les Insectes atteints, la maladie paraît être absolument superficielle ; elle ne les tue qu'après l'accouplement et la ponte. Enfin, les œufs se développent régulièrement dans des coques ovigères entièrement couvertes de filaments mycéliens. Aussi MM. Künckel et Langlois n'espèrent-ils pas trouver un mode de destruction du Criquet pèlerin dans la propagation artificielle des Champignons parasites ; MM. Giard et Trabut partagent leur avis (2).

(1) *Comptes rendus*, CVIII, 276.
(2) *Ibid.*, CXII, 1465, 1519.

M. Charles Brongniart croit avoir été plus heureux. Le 8 juin 1891, pendant son séjour en Algérie, il annonça par télégramme (1) à l'Académie des sciences la découverte d'un Champignon parasite du Criquet pèlerin, à forme *Botrytis*, resté indéterminé jusqu'à présent. Nous épargnerons au lecteur la peine de s'orienter dans le détail, fort confus d'ailleurs, des notes que plusieurs savants publièrent à cette occasion (2). La découverte de M. Brongniart fut contestée. Il entreprit de la confirmer dans quelques pages publiées par lui, à la fin d'octobre, sous les auspices de la Société nationale d'Agriculture de France (3) ; nous les résumerons brièvement.

Les Criquets attaqués que recueillit M. Brongniart, venaient des environs d'Alger, de l'Arba, de Palestro, de Bouira, etc. Les uns étaient morts, les autres sur le point de mourir. Dans la plupart des cas, la ponte n'avait pas pu être opérée normalement ; souvent même elle n'avait pas pu avoir lieu.

A l'Arba, en particulier, la mortalité avait été considérable, et l'on rencontrait les Criquets morts ou mortellement atteints sur une superficie de plusieurs hectares, dans les gorges de l'Oued Hamidou. On observait des taches blanchâtres aux points de séparation des anneaux et à la base des pattes.

Des essais de contamination et de cultures artificielles furent commencés à Alger et continués à Paris. M. Brongniart fut amené à dire que l'on rencontre sur les Criquets pèlerins plusieurs moisissures différentes qui n'ont probablement entre elles aucun rapport et que MM. Giard et Trabut ont réunies sous la dénomination précitée de *Lachnidium acridiorum*. Il décrit quatre formes distinctes, dont deux seulement, le *Botrytis* à spores ovales et le

(1) *Comptes rendus*, 1320.
(2) *Ibid.*, 1383, 1465, 1478, 1518.
(3) Charles Brongniart, *Les Champignons parasites observés sur les Criquets pèlerins en Algérie.*

Botrytis à spores rondes, paraissent être vraiment parasites (1).

Le 20 septembre, dix Criquets, mâles et femelles, arrivés depuis peu à l'état adulte, furent placés dans une cage et légèrement saupoudrés avec des spores rondes de *Botrytis*. Deux autres Criquets furent mis en contact avec des spores ovales de *Botrytis*. On conserva séparément comme témoins deux Criquets du même âge. Tous ces Insectes furent soumis au même régime.

Les deux Criquets qui avaient reçu des spores ovales, et huit de ceux qui avaient été contaminés avec des spores rondes, moururent le 24 septembre; les deux autres, le lendemain. Mis en chambres humides, les cadavres présentèrent dès le 27 septembre des taches blanches, partout où la membrane du corps est plus mince. Le 30, la couche de mycélium était devenue dense et épaisse. L'examen microscopique permit de reconnaître les deux formes *Botrytis* qui avaient été semées, et celles-là seules.

Des Criquets restés comme témoins, un seul mourut; dans la chambre humide il ne se couvrit que de quelques Mucorinées.

La contamination réussit pour les Criquets des gazons, pour de jeunes Criquets pèlerins arrivés à la troisième mue et pour des larves d'Hyménoptères de la famille des Tenthrèdes.

Par contre, les Criquets pèlerins qui avaient à la même date reçu sous la peau des spores du *Fusarium acridiorum* Brongniart et Delacroix, étaient vigoureux à la fin d'octobre et ne présentaient que des taches noirâtres aux points où les inoculations avaient été faites.

M. Brongniart conclut que *les deux formes Botrytis*

(1) D'après une note adressée par M. A. Giard à l'Académie des sciences, le 7 décembre 1891, les *Botrytis* signalés par M. Brongniart ne seraient que des formes diverses du *Lachnidium acridiorum*. Il est vrai que, de l'aveu de l'auteur, les Champignons parasites des Acridiens ne sont pas encore parfaitement identifiés, ni classés d'une manière définitive. Peu importe, après tout, au point de vue pratique qui nous occupe.

paraissent seules susceptibles d'être utilisées pour produire l'infection des Criquets d'Algérie, et peut-être aussi en diminuer notablement le nombre, de manière à atténuer, dans la mesure du possible, les ravages qu'ils ont causés jusqu'ici.

Des expériences faites en Afrique s'imposent.

Supposons qu'elles établissent d'une manière incontestable la virulence des Champignons parasites : peut-on raisonnablement espérer que leur emploi comme moyen de destruction soit possible en pratique sur les quelques centaines de mille d'hectares envahis?

La question est délicate. Les pessimistes, et les jaloux peut-être, ne manqueront pas de se prononcer aussitôt pour la négative. Plus réservé qu'eux, nous nous souviendrons que, pour les faits d'expérience, l'observation seule tranche en dernier ressort. Quoi qu'il en soit, la grandeur des intérêts engagés justifierait un essai sérieux.

Un autre système de destruction a été proposé, le 5 décembre 1891, dans la *Revue des sciences naturelles appliquées,* par M. Decaux, membre de la Société entomologique de France. Des expériences répétées par centaines, depuis 1857, sur la valeur du *Crapaud* comme destructeur des Insectes nuisibles aux produits agricoles, donnent à l'auteur la certitude que le vulgaire *Bufo* peut être employé avec succès pour la destruction des Acridiens. Il s'est assuré qu'un Crapaud de trois ans a une préférence marquée pour la Sauterelle verte, *Locusta viridissima* Linné, à l'état de larve, et qu'il dévore avec le même plaisir l'Insecte parfait.

Les Crapauds, très répandus en France, seraient, à peu de frais, importés par milliers en Algérie et en Tunisie. On leur creuserait des mares artificielles, partout où le terrain permet de recevoir les eaux pluviales, dans les localités montagneuses, *régions permanentes* du *Stauronotus maroccanus;* dans les oasis du désert, régions de passage

de l'*Acridium peregrinum*, dans les terrains cultivés, régions temporaires de l'un et de l'autre. Apparemment les mares resteraient remplies d'eau, au moins de décembre à mars, pendant la saison pluvieuse, époque de la reproduction. Cela suffirait pour permettre la ponte du Crapaud et la complète évolution des jeunes. On empêcherait les têtards de s'entre-dévorer, en chargeant un homme dans chaque *douar* de leur jeter, de trois en trois jours, quelques débris d'une viande quelconque. Une ponte ordinaire ne donne que 2 à 5 p. c. de Crapauds formés; avec des soins, on pourrait en obtenir 90 à 95 p. c. Deux ou trois années suffiraient, au jugement de l'auteur, pour produire une innombrable armée de chasseurs affamés qui détruiraient les Acridiens sous toutes les formes.

On ne peut dénier à ce système le mérite de l'originalité. Au point de vue du travail et des dépenses, il en vaut d'autres; mais l'acclimatation définitive du Crapaud dans les sables brûlants de l'Afrique paraît bien aléatoire. Dût-il s'y trouver un jour, au gré de M. Decaux, *un* Crapaud pour chaque *are* de terrain cultivé, le nombre des destructeurs ne sera jamais proportionné au nombre des Insectes à détruire, ni au moment des éclosions en masse dans la *région permanente*, ni au moment des invasions subites dans la *région temporaire*. Combien le Crapaud pourrait-il bien digérer, par jour, de Criquets adultes? Or, on a vu plusieurs fois les *sauterelles*, au moment où elles s'abattent, se serrer au point de cacher le sol! D'autre part, le nombre d'œufs monte souvent au chiffre fabuleux de 30 000 000 par are. Le Crapaud n'y touche pas. Un bon nombre avorte à la suite de différentes causes extérieures. Supposons qu'il n'en vienne à terme que 1 p. c.; il se lèvera encore 300 000 jeunes larves dans l'espace de quelques jours. Décidément, c'est trop présumer de la complaisance de l'estomac des Batraciens, que de laisser à un seul les honneurs d'un pareil régal.

Malgré la fécondité effrayante des Acridiens, le ramassage des œufs a toujours été considéré comme un des moyens les plus efficaces d'empêcher leur multiplication excessive. Ainsi, pour ne parler que des temps modernes, en 1613 les *sauterelles* exercèrent d'affreux ravages dans le midi de la France (1). Des fonds furent alloués par les communes pour leur destruction. Chaque kilogramme d'œufs se payait cinquante centimes ; celui d'Insectes adultes la moitié seulement. Marseille dépensa vingt mille francs, Arles vingt-cinq mille. Dans cette petite ville, on réunit 3000 boisseaux d'œufs. Chaque boisseau eût donné, dans la supposition d'une éclosion régulière, près de 2 millions de Criquets. L'autorité en détruisit donc environ 6 milliards. En 1805, 2000 kilogrammes d'œufs furent déterrés dans une seule commune des Bouches-du-Rhône.

Les Anglais prescrivirent la récolte des œufs dans l'île de Chypre, immédiatement après la conquête de 1878.

Le gouvernement impérial ottoman l'a imposée également dans toute la Mésopotamie, lors des invasions de ces dernières années. La taxe était de 25 kilogrammes de coques par habitant dans les villes et de 50 par charrue dans les campagnes. Il n'était pas toujours aisé de payer un impôt si lourd. Les pauvres n'eurent qu'à s'en applaudir : plusieurs entreprirent un vrai commerce d'œufs de *sauterelles*. M. Metaxas, correspondant à Bagdad de la Société d'acclimatation de Paris, raconte même qu'une tribu nomade tenta de faire fortune par la vente de coques artificielles.

En Algérie, la récolte des œufs se pratique chaque année. Depuis le mois d'août jusqu'à la fin de décembre 1888, elle a permis d'anéantir 10 666 mètres cubes de coques (2).

Le procédé a du bon ; mais il exige une très grande

(1) *Annales de la Société entomologique de France*, 1833, II.
(2) *Comptes rendus*, CVIII, 276.

main-d'œuvre, et la nature du sol le rend quelquefois impraticable. Il a l'inconvénient de détruire les parasites animaux et végétaux. Dans tel terrain, le hersage donne à moins de frais d'aussi bons résultats; car, ramenées à la surface du sol, les coques ovigères sont desséchées par le soleil ou dévorées par les Oiseaux. Partout où le sol est plus argileux, il faut émietter les mottes pour assurer les effets du labourage, sans quoi l'éclosion est tout simplement retardée de quelques jours.

Dans tous les cas, le ramassage des coques ne dispense pas de l'emploi des autres moyens de destruction. Jamais il n'épuise les gisements et en laisse une foule absolument intacts. M. Künckel estime que pendant la campagne de 1888, rien que sur le territoire civil de Constantine, on a anéanti 1000 milliards de jeunes Criquets non ailés et 200 milliards d'œufs. Ces chiffres établissent bien l'importance relative des procédés qu'il nous reste à décrire.

Tant que les ailes font défaut, ou restent ramassées en un moignon inutile, c'est-à-dire jusqu'à la dernière mue, les *sauterelles* marchent en colonnes serrées vers les cultures encore intactes. Il est assez facile alors de les détruire en masse. On les conduit, en les frappant doucement avec des branches d'arbres, vers un terrain plat et uni où on les écrase, vers des tranchées profondes où on les enfouit, vers des bûchers imprégnés d'huiles lourdes où on les brûle. La paille enflammée, l'eau bouillante, les acides ont été utilisés parfois pour tuer de grands amas de Criquets.

La chasse aux *melhafas* se pratique encore par les Arabes. Agitant leurs burnous régulièrement et avec lenteur, ils circonscrivent l'armée des jeunes Acridiens et la poussent sur une toile longue de dix mètres étendue par terre en face des ravageurs. Un côté de la toile est maintenu en l'air : il barre le passage. Quand on a acculé ainsi

un nombre suffisant d'Insectes, les bords sont aussitôt rabattus et le contenu vidé dans des fosses profondes. Il paraît que jadis les natifs piétinaient la toile pour écraser les *sauterelles;* l'on pense bien qu'au bout de quelques jours d'usage, les *melhafas* n'étaient plus que des loques infectes.

En Amérique, pour se défaire des Criquets adultes qui volent, on fait battre le pays par des milliers d'hommes et même par la cavalerie. « Lors de l'invasion de 1858, le grand établissement horticole de San-José, près de l'Uruguay, fut préservé, parce que l'on mit une compagnie de soldats de corvée pour les repousser ; les dommages furent insignifiants, car les *sauterelles*, incessamment traquées pendant leur passage, n'attaquèrent que les extrémités des plus hautes branches des arbres » (1). Les voisins expièrent sans doute ce triomphe local.

Après la conquête de Chypre par les Anglais, M. l'ingénieur Samuel Brown préconisa, pour la lutte contre les Acridiens ravageurs, les fameux *appareils cypriotes* imaginés par un colon, M. Richard Mattei. Le gouvernement algérien les adopta depuis, et il n'eut pas lieu de trop s'en plaindre.

Une lettre, écrite de Maison-Carrée par un Père missionnaire de Notre-Dame d'Alger, nous a fourni au sujet de leur emploi des détails fort intéressants. Elle montre en même temps toutes les phases de la lutte au moment si critique de l'invasion des Acridiens.

Depuis 1884, des nuées de *sauterelles* se sont plusieurs fois abattues sur l'Algérie et sur les régions voisines.

Malgré la lutte à outrance engagée pour défendre les terres cultivées, on évalue les pertes annuelles de la colonie à une moyenne de 20 millions de francs. Tant de désastres subis nous ont rendus prévoyants et habiles ; aussi les envahisseurs nous trouvent-ils toujours sur la

(1) M. de Moussy, *loc. cit.*, 542.

défensive. Mais ils triomphent encore bien souvent, grâce à leur nombre immense, l'étendue de leur action et la persistance de l'attaque.

C'est le vendredi 22 mai 1891, vers 9 heures du matin, que l'ennemi fut signalé. Les Criquets, en bandes serrées, venaient du côté de Matifou, dans la direction de Maison-Carrée; ils volaient presque au ras de terre, en longeant la côte. On donna l'alarme et en quelques instants tout le monde fut sur pied; la résistance s'organisa; il s'agissait de contenir l'envahisseur dans les dunes, de lui fermer l'accès des vignes et des champs cultivés. Le feu et le bruit donnent seuls quelque chance de succès; on n'avait rien négligé pour utiliser, le cas échéant, ces deux moyens de défense. Les vignobles de la mission confinent aux sables du rivage. On les avait sillonnés de longues lignes de trous garnis de sarments : y mettre le feu fut l'affaire d'un moment.

Grâce aux huiles lourdes qu'on y avait jetées, il s'en dégagea une immense traînée de fumée noire, qui arrêta et fit reculer ensuite vers la mer la colonne de Criquets. Ce n'était qu'un résultat passager.

Bientôt l'immense provision de bois fut épuisée. Les feux s'éteignirent, le ciel s'éclaircit; l'ennemi revint. Désormais le vacarme pouvait seul le maintenir à distance. Casseroles et chaudrons, tamtams et cymbales, trompettes et clairons, tout fut mis en branle. Étrange concert, auquel se mêlaient les hurlements des hommes, les cris des femmes et des enfants. Les Criquets furent encore une fois repoussés.

Sur ces entrefaites, arrivèrent à notre secours les détenus militaires de Maison-Carrée, au nombre de quatre-vingt, armés de crécelles et de sifflets, et un détachement de pontonniers venus d'un fortin de l'Harrach; ajoutez-y les deux cents Kabyles qui travaillent à notre vigne, et vous saurez l'effectif de notre armée. Les Criquets, un instant arrêtés, commençaient à se presser de nouveau,

plus nombreux et plus denses, en longeant le rivage. La rivière de l'Harrach, qui se jette à la mer à côté de notre propriété, leur fit peur d'abord. Mais bientôt le cours d'eau fut franchi et nous voilà aux prises avec les assaillants.

Nos gens étaient échelonnés en deux lignes parallèles tout autour de la vigne. Ils tinrent tête aux Criquets pendant près de deux heures ; mais, vers midi, la brise se leva. Ce fut le signal de notre défaite. Emportés par le vent qui soufflait du côté de la mer, les Insectes ailés passèrent par-dessus les lignes de défense et allèrent s'abattre sur les ceps.

Il fallait changer de tactique. Après le dîner, nous trouvâmes les Criquets accouplés. Nous essayâmes d'empêcher au moins la ponte.

Notre petite armée fut donc distribuée en trois rangées parallèles distantes de dix mètres. Partant d'un bout de la vigne, elle devait faire lever les Acridiens et les expulser à l'autre bout. Malgré le vacarme, un bon nombre restèrent sur place ou se rejetèrent en arrière, et la manœuvre dut être plusieurs fois reprise. Le résultat final fut satisfaisant.

Aux heures chaudes de la journée, les Criquets ont les allures très vives ; mais le froid les engourdit ; aussi le crépuscule et l'aurore sont-ils les moments les plus favorables pour la chasse. On les trouve alors ramassés en tas compacts, incapables de voler et embarrassés dans tous leurs mouvements. Nous nous mîmes à les écraser à l'aide des pieds, ou au moyen de branches tressées et de verges en fil de fer ; mais l'administration fit arrêter l'opération, par crainte de la peste. Il ne restait plus qu'à les ramasser. Les Criquets se payaient à la mairie 4 francs les 100 kilos. Les primes furent abandonnées à nos Kabyles ; jugez de leur ardeur au travail. En un jour on recueillit 1500 kilos de cadavres à Maison-Carrée.

C'était comme si on n'eût rien fait ; il fallait recom-

mencer chaque matin. Du reste, en dépit de nos efforts, la ponte avait eu lieu dans la vigne et surtout dans les dunes sableuses de la baie d'Alger, depuis Hussein-Dey jusqu'à Matifou. Quand les œufs restent en terre, l'éclosion est presque infaillible, mais l'exposition au soleil suffit pour les détruire. Aussi les propriétaires durent, sous peine d'amende, faire labourer les champs où les Criquets avaient passé. A vrai dire, c'est seulement dans les terres un peu compactes que ce labourage donna quelque résultat; car le sable meuble, en retombant, recouvre les coques.

On songea donc à combattre les jeunes essaims qui ne devaient pas tarder d'apparaître.

Des tôles de zinc furent fixées sur une longueur de plusieurs kilomètres entre la vigne et un fossé extérieur large et profond d'environ un demi-mètre. Une pareille enceinte aux parois lisses empêche naturellement les Acridiens non ailés de forcer l'entrée. Ils restent dans le fossé et ne tardent pas d'aller se jeter dans des trous plus profonds creusés de distance en distance, où il est aisé de les détruire par le feu, de les piétiner ou de les enfouir.

Il y a de grands inconvénients à ce procédé, avant tout, celui d'entraîner des frais considérables. Nous payâmes le zinc 740 francs par mille mètres, et 1150 francs au moment de l'invasion. La surface du métal s'oxyde et devient bientôt franchissable. Nous nous trouvâmes mieux de l'emploi des *appareils cypriotes*, qui permettent aux Criquets de sortir de la propriété, mais non d'y entrer.

Figurez-vous, tout autour de la vigne, de longues pièces de cretonne longues de 50 mètres, hautes d'un mètre, placées bout à bout, suspendues à des pieux, le bord inférieur replié sur le sol et maintenu par du sable. Le bord supérieur est garni, du côté qui fait face aux Criquets, d'une bande de dix centimètres en toile cirée. On entretient cette bande avec un soin scrupuleux, et on

l'humecte deux fois par jour d'un mélange d'huile et d'eau. Impossible pour l'ennemi du dehors d'escalader cette surface lubrifiée; par contre, l'ennemi du dedans peut remonter la surface rugueuse de la toile et, arrivé en haut, sauter bravement en dehors de l'enceinte. Là, l'un et l'autre finissent par tomber dans le fossé, et puis, un peu plus loin, dans de grandes caisses bordées de zinc surplombant et formant entonnoir. Les victimes s'y entassent par milliers. Quand les caisses sont pleines, on y jette quelques seaux d'eau bouillante, on les retire, on enterre le contenu et on les remet en place.

Il avait fallu bien du temps pour se débarrasser définitivement des assaillants. On luttait encore, quand l'éclosion eut lieu à l'intérieur de la vigne. Les jeunes Criquets commençaient à attaquer les ceps. Comment les empêcher de nuire?

Le système arabe parut le meilleur. Nos ouvriers furent répartis en groupes de six ou sept. Rencontraient-ils une bande de *sauterelles,* ils creusaient à quelque distance un trou de 60 centimètres; puis se rangeant en demi-cercle et agitant des toiles multicolores, ils y faisaient tomber les dévastateurs. Un nombre infini fut enseveli ainsi sous deux pieds de terre. Ce travail dura près de deux semaines; chaque jour nous mettait aux prises avec une génération nouvelle!

Nous espérâmes recueillir enfin le fruit de tant de peines. Illusion cruelle! Une formidable colonne de jeunes Criquets sauteurs venait des dunes; notre vigne était encore une fois menacée. Que faire?

Une énorme trappe fut construite à la hâte tout près de notre propriété. A cette trappe aboutissaient deux murs lisses en tôle de zinc, se rapprochant régulièrement de manière à embrasser et à resserrer peu à peu toute la colonne. Déjà le front s'engageait dans le fatal entonnoir, quand la défiance l'arrêta : le feu seul l'empêcha de dévier. Nous réussîmes à souhait, et la caisse dut être vidée plusieurs fois dans l'espace de quelques heures.

Désormais la victoire était complète : les dernières *sauterelles* ne tardèrent pas à disparaître. Notre vigne avait été assez bien préservée, mais au prix de quels sacrifices ! Et puis, autour de nous, quelle dévastation, que de richesses perdues, que d'espérances trompées !

Cette lettre ne décrit qu'un effort local ; qu'a-t-on fait ailleurs pour combattre le fléau ? Les chiffres du bilan des invasions de 1888 et 1889 donneront une idée de ce qui a dû être tenté depuis, dans les colonies d'Afrique.

En Algérie, 850 chantiers de destruction fonctionnèrent, avec 60 000 travailleurs, depuis la fin de mars 1888 jusqu'au commencement de juin ; 2000 soldats ont aidé les indigènes. Ceux-ci ont à leur actif 1 916 242 journées, les colons 8988, les militaires 23 625. Ce travail a abouti à la destruction de 1200 milliards d'Acridiens, y compris les œufs ramassés avant l'éclosion.

La récolte des œufs, commencée au mois de septembre 1888, a été officiellement close le 10 janvier 1889. Une prime de fr. 1,50 était donnée par double décalitre. En certains points, quelques ramasseurs, tous volontaires du reste, ont eu des journées de 6 francs. La dépense totale de ce chef a été de 580 480 francs. Quant à la destruction des Criquets marchants, elle a occupé 96 113 indigènes sous les ordres de 296 Européens. Plusieurs milliers de soldats furent encore mis à contribution. Le 15 juin, le nombre des journées relevées approchait de *deux millions*, et la masse des Criquets détruits de 40 000 mètres cubes.

En vue de résister aux invasions de 1889, le gouvernement algérien adjugea et répartit 6000 appareils cypriotes, soit 300 kilomètres de barrages mobiles, coûtant 35 000 francs (1). Tendues le long du chemin de fer, ces toiles iraient d'Arlon à Ostende ! Le service des forêts algériennes a fourni plus de 100 000 piquets de chêne pour

(1) *Comptes rendus*, CVII, 276.

la pose des appareils; l'industrie privée a livré 6000 masses d'acier pour enfoncer les piquets, 400 000 mètres de cordes pour suspendre les toiles, 60 000 feuilles de zinc pour garnir les fosses.

De tous ces chiffres, la *Revue scientifique* tire une conclusion curieuse : « En 1889, l'effort fait, qui est certainement le maximum que le pays puisse donner, n'est pas énormément plus large que l'ont été l'effort et le résultat de la campagne de 1888. Le nombre des journées se tient toujours aux environs de 2 millions, et le cube des Insectes détruits, de 40 000 mètres cubes. Et cependant en 1888 on a été débordé, les dommages ont été immenses; en 1889, le dommage réel est très faible, les récoltes sont peu atteintes; les orges et les fourrages n'ont pas perdu 5 p. c., et les Insectes volants ne peuvent rien leur faire, vu que tout est rentré.

» Cette différence profonde qui, avec les mêmes chiffres, nous fait voir une défaite et une victoire, tient uniquement à la meilleure organisation de la défense, au plus grand nombre des appareils et au commandement mieux réglé. En effet, en 1889, le même cube de Criquets représente un nombre infiniment plus considérable : au lieu de les laisser grandir, on les a saisis tout petits, à peine plus gros que des mouches, dans les dix premiers jours après leur éclosion, partout du moins où on l'a pu. Ensuite, on ne leur a pas laissé parcourir d'aussi grands espaces : attendus, signalés sans retard, ils sont exterminés près de leur point de départ, sans avoir eu le temps de faire beaucoup de ravages. »

En 1888, des résultats appréciables ont été atteints; la campagne de 1889 a été couronnée d'une victoire relative. Mais rien ne semble pouvoir donner un triomphe définitif et complet.

Il faut bien qu'on en convienne d'ailleurs, tous les moyens employés jusqu'ici imposent des fatigues excessives, qu'il est impossible d'exiger plus longtemps en

Algérie et en Tunisie sans mécontenter les populations indigènes. Aux pertes causées par les ravages des Acridiens, s'ajoutent encore des frais considérables. Six à sept millions de francs ont été dépensés depuis quatre ans, sans compter les journées gratuites et le concours de plus de la moitié des troupes!

N'y a-t-il pas au moins quelque compensation à tant de sacrifices et de ruines?

Les invasions de *sauterelles* sont peu redoutées par certaines peuplades, pauvres et sauvages, qui les mangent.

On sait que ces Insectes sont, dans les pays chauds, un important objet de consommation. L'Écriture nous apprend que saint Jean s'en nourrissait au désert.

Les Grecs les servaient comme hors-d'œuvre. De tout temps on en a mangé en Arabie et dans l'extrême sud de l'Algérie. Encore aujourd'hui il existe beaucoup de peuplades *acridiophages,* chez lesquelles les *sauterelles* servent d'assaisonnement ou deviennent la base de la nourriture, au moment où leur invasion a détruit tout le reste.

A la lisière nord du Sahara, chaque famille fait sa provision de ce gibier d'une nouvelle espèce. « Pour les conserver, dit M. Künckel d'Herculais, les indigènes les font cuire d'abord dans l'eau salée, de la même façon que nous préparons les crevettes; puis ils les sèchent au soleil. Ils en ramassent et préparent des quantités si considérables que, non contents d'assurer leurs approvisionnements, ils en font un article de négoce; c'est ainsi qu'ils les vendent actuellement sur les marchés de Tougourt, de Temacin et des villages voisins. J'ai eu entre les mains une boîte de Criquets fraîchement préparés, et j'ai pu constater qu'ils constituaient un mets très acceptable; le goût de crevettes que lui attribuent les voyageurs est assez prononcé. Avec le temps ils perdent de leurs qualités; mais n'en serait-il pas de même de nos

Crustacés, si nous les mangions salés et séchés au bout de quelques mois? (1) »

A Thaba, dans l'État libre d'Orange, au nord de la colonie du Cap, on mange les *sauterelles* de deux manières, d'après une lettre de M. Ed. Jacottet : fraîches, on les fait frire sur la poêle, après leur avoir enlevé les ailes et les pattes et les avoir saupoudrées de sel ; bouillies et séchées, on les moud et on les prend en poudre, ou bien mélangées à la farine de blé ou de maïs. Les Criquets sont la fortune des gens pauvres.

Un peu plus à l'ouest, chez les Hottentots, c'est la même chose.

Pour mieux prendre les Acridiens en masse, les Malgaches mettent le feu aux herbes, là où la nuit les a arrêtés. Le feu se propage de montagne en montagne, quelquefois pendant plusieurs jours, puis on voit tout le monde, grands et petits, aller faire provision pour plusieurs mois. Au témoignage du P. Camboué, missionnaire à Madagascar, le passage des Criquets, des *valala*, comme les appellent les Hovas des hauts plateaux d'Imérina, n'est pas considéré comme un fléau. Le 26 septembre 1888, ce Père se trouvait en mission à Ambohitrimanyaka, au nord-ouest de Tananarive, quand il vit un vol de *sauterelles* allant, comme d'ordinaire, de l'ouest vers l'est. Le soir, une lueur immense illuminait l'horizon : on avait mis le feu aux herbes dans le voisinage du campement des *valala*. Le lendemain, on en servit au Père avec tout le raffinement de l'art culinaire malgache. On opéra d'abord le *tangosana* des Insectes, c'est-à-dire qu'on leur arracha les pattes et les ailes. Cela fait, les *valala* encore vivantes furent jetées dans la graisse bouillante de la poêle à frire. Du brun, elles passèrent tout d'abord au rouge, premier point de cuisson, puis au noir. « Il n'y

(1) *Comptes rendus*, CXII, 308, note.

avait pas matière à gourmandise, ajoute le récit ; mes gens, eux, s'en régalèrent. »

Les *sauterelles* peuvent n'être pas du goût des Européens, elles n'en constituent pas moins un mets nourrissant, qui, par sa composition chimique, se rapproche du bœuf moyennement gras. Nous résumons dans le tableau suivant les analyses comparatives faites par M. Muntz :

	CRIQUETS FRAIS.	BŒUF FRAIS.
Albuminoïdes	19,70	18
Graisses	2,52	2
Sels	1,55	2,2
Déchets	8,83	76,8
Eau	72,60	

Ces chiffres ont leur éloquence. Mais le goût ne se commande pas, et il est fort douteux que les *conserves de Criquets*, très estimées à Tougourt, paraissent jamais sur nos marchés.

L'industrie moderne s'empare de tout. On refuse de manger les *sauterelles;* elle en fera de l'engrais.

Les Criquets frais, séchés en vue de l'analyse, perdent environ la moitié de leur poids. Voici la teneur de la matière sèche en principes fertilisants :

Azote	12 p. c.
Acide phosphorique . .	2
Potasse	0,5

Il y a longtemps que la valeur des Acridiens comme engrais a été reconnue et expérimentée. Après le départ des envahisseurs, on voit souvent la végétation reprendre

avec une incroyable vigueur, surtout s'il survient quelques pluies et une chaleur modérée (1). Le sol s'enrichit en effet de leurs innombrables cadavres. Dans bien des endroits, les agriculteurs les enfouissent directement à la charrue comme le fumier ordinaire, ou les ramassent en grand tas en prenant les précautions voulues pour éviter les émanations dangereuses et les pertes d'ammoniaque avant l'utilisation.

La *Revue de chimie industrielle* a décrit tout récemment une méthode qui transforme les *sauterelles* en une masse aisément transportable, d'une conservation indéfinie et d'un emploi facile. Elle consiste à chauffer les Insectes dans des autoclaves sous une pression de vapeur de 5 à 8 atmosphères. Après refroidissement, on trouve la matière organique changée en une substance homogène, compacte et friable, qui renferme la potasse, l'acide phosphorique et l'azote, presque sans perte :

Azote	11,25 p. c.
Acide phosphorique. .	1,69
Potasse	0,40

Il est avantageux d'ajouter dans la chaudière 1 à 2 p. c. de chaux et 0,5 p. c. de soude caustique, et à la matière refroidie un peu de plâtre et 2 à 5 p. c. de superphosphate. On obtient ainsi un mélange où l'ammoniaque est bien fixée et qui est bien mieux assimilable que l'engrais de *sauterelles* fraîches.

Est-ce à dire que les Acridiens vont servir bientôt à augmenter les récoltes ? Nous n'oserions l'espérer. Quoi qu'il en soit, l'utilisation de ces ravageurs comme éléments fertilisants suppose les moyens de destruction

(1) M. de Moussy, *loc. cit.*, 543.

actuellement pratiqués. De plus, si les invasions des Criquets devenaient un jour une source de gros bénéfices pour quelques exploitants industrieux et habiles, le profit resterait aux mains du petit nombre, et l'ensemble des pertes subies ne nous semble pas devoir jamais être compensé.

La présence accidentelle ou permanente des Acridiens ravageurs dans un pays restera donc un vrai fléau national, et il est du devoir des gouvernements d'aider l'initiative privée à en combattre les suites funestes.

FR. DIERCKX, S. J.

QUELQUES RÉFLEXIONS

AU SUJET DES THÉORIES PHYSIQUES (1)

---

§ 1. — *Du but de la physique théorique.*

L'esprit humain, mis en présence du monde extérieur pour le connaître, rencontre d'abord le domaine des faits. Il voit qu'un morceau d'ambre, frotté par un chiffon de laine, attire à distance une balle de sureau que soutient un fil de soie; qu'un morceau de verre, frotté avec un chiffon de laine, agit de même; qu'un morceau de cuivre, frotté avec le même chiffon de laine, agit encore de même, pourvu que le morceau de cuivre et le chiffon de laine soient tous deux portés par un manche de verre, etc. Chaque observation, chaque expérience nouvelle lui apporte un fait nouveau.

La connaissance d'un grand nombre de faits forme un amas confus qui constitue proprement l'*empirisme*.

(1) Leçons d'ouverture du *Cours de Physique mathématique et de Cristallographie* de la Faculté des sciences de Lille.

Cette connaissance des faits particuliers n'est que le premier degré de la connaissance du monde extérieur. Par l'induction, l'esprit, transformant les faits dont la connaissance lui est donnée, arrive à la connaissance des *lois expérimentales*. Ainsi, les faits que nous avons cités tout à l'heure, les autres faits analogues qu'il peut observer, l'amènent, par induction, à cette loi : Tous les corps, convenablement frottés, deviennent aptes à attirer une balle de sureau suspendue à un fil de soie ; créant un mot nouveau pour exprimer la propriété générale qu'affirme cette loi, il dit : par un frottement convenable, tous les corps s'électrisent.

Aux philosophes, il appartient d'analyser le mécanisme du procédé inductif qui permet de passer des faits aux lois ; de discuter la généralité et la certitude des lois ainsi établies. Je ne veux pas plus aborder ici l'examen de ces questions qu'étudier la connaissance même des faits.

La connaissance des lois expérimentales constitue la *science purement expérimentale*, aussi élevée au-dessus de l'empirisme que la loi l'est au-dessus du fait particulier.

Mais la science purement expérimentale n'est pas le dernier terme de la connaissance du monde extérieur. Au-dessus d'elle est la *science théorique*. Ce que nous nous proposons d'étudier, c'est la nature de cette science, en prenant pour exemple la théorie la plus voisine de la perfection, celle qui a reçu le nom de *physique mathématique*.

La science théorique a pour but de soulager la mémoire et de l'aider à retenir plus aisément la multitude des lois expérimentales. Lorsqu'une théorie est constituée, le physicien, au lieu d'avoir à retenir isolément une multitude de lois, n'a plus à garder le souvenir que d'un petit nombre de définitions et de propositions énoncées dans le langage des mathématiques ; les conséquences que l'analyse lui permet de déduire logiquement de ces propositions n'ont aucune relation de *nature* avec les lois qui

forment l'objet propre de ses études; mais elles lui en fournissent une image; cette image est plus ou moins ressemblante; mais, lorsque la théorie est bonne, cette image suffit à remplacer la connaissance de la loi expérimentale dans les applications que le physicien veut en faire.

Expliquons tout cela en analysant comment se constitue une théorie physique.

§ 2. — *Des définitions en physique théorique.*

En premier lieu, le physicien, désireux de constituer la théorie qui réunira un ensemble de lois, prend les unes après les autres les diverses notions physiques sur lesquelles portent ces lois. A chacune de ces notions physiques, il fait correspondre une grandeur, algébrique ou géométrique, dont les propriétés représentent les propriétés les plus immédiates des notions physiques correspondantes.

Ainsi, s'agit-il de constituer la théorie de la chaleur? Les lois les plus élémentaires qu'il s'agit de coordonner par cette théorie font intervenir une notion, celle de *chaud*. Cette notion présente certains caractères immédiats : par exemple, nous comprenons que deux corps, de même nature ou de nature différente, soient aussi chauds l'un que l'autre; que l'un d'eux soit plus chaud ou moins chaud que l'autre; que deux parties d'un même corps soient ou ne soient pas aussi chaudes l'une que l'autre; nous savons que si le corps A est plus chaud que le corps B et le corps B plus chaud que le corps C, le corps A est plus chaud que le corps C.

Ces caractères, essentiels à la notion de *chaud*, ne permettent pas de *mesurer* l'objet de cette notion, de le regarder comme une *grandeur*.

En effet, pour qu'un objet soit mesurable, il faut que la

notion que nous avons de cet objet présente non seulement tous les caractères que nous venons d'énumérer, mais encore le caractère d'*addition*. Or le chaud n'est pas conçu par nous comme susceptible d'addition; nous savons bien ce que veulent dire ces phrases : le corps A est aussi chaud que le corps B; le corps A est plus chaud que le corps B; mais nous ne comprenons pas ce que veulent dire des énoncés tels que ceux-ci : le *chaud* du corps A est égal au *chaud* du corps B plus le *chaud* du corps C; le corps A est dix-sept fois plus chaud que le corps B; est trois fois moins chaud que le corps B.

Ainsi le chaud n'est pas conçu par nous comme susceptible d'addition; cette notion n'est pas pour nous réductible à une grandeur.

Mais si la notion de chaud n'est pas réductible à une grandeur, cela n'empêche nullement le physicien de lui faire correspondre une certaine grandeur qu'il appelle *la température* et qu'il choisit de manière que ses propriétés mathématiques les plus simples *représentent* les propriétés de la notion de chaud.

Ainsi, le chaud se présente comme un caractère propre à chacun des points d'un corps; nous concevons chacun des points d'un corps comme étant aussi chaud, moins chaud, plus chaud, que tout autre point; à chaque point d'un corps nous ferons correspondre une valeur déterminée de la température.

La notion de chaud n'implique aucune notion de direction. On ne comprendrait pas ce que voudrait dire cette phrase : au point M d'un corps il fait plus chaud suivant la direction MN que suivant la direction MN'; la température sera donc une simple quantité algébrique et non une grandeur géométrique.

A deux points aussi chauds l'un que l'autre, nous ferons correspondre deux valeurs égales de la température; à deux points inégalement chauds nous ferons correspondre deux valeurs inégales de la température; et cela de manière

que la valeur la plus élevée de la température corresponde au point le plus chaud.

Cette opération établit une correspondance entre la notion de chaud et la grandeur algébrique que nous nommons la température. Entre ces deux idées, le chaud et la température, il n'y a aucune espèce de relation de *nature :* le chaud nous est agréable ou désagréable ; il nous réchauffe ou nous brûle ; la température peut être ajoutée à une autre température, être multipliée ou divisée par un nombre.

Mais, en vertu de la correspondance établie entre ces deux idées, l'une devient le *symbole* de l'autre, en sorte qu'en m'apprenant que la température d'un corps a une valeur déterminée, on m'apprend quels sont les corps qui sont aussi chauds, moins chauds, plus chauds que ce corps.

En vertu de cette correspondance, toute loi physique relative au chaud, loi énoncée par une proposition du langage ordinaire, est traduite symboliquement par une proposition mathématique concernant la température.

Ainsi, au lieu de dire que tous les points d'un corps sont aussi chauds les uns que les autres, nous dirons que la température a la même valeur en tous les points de ce corps.

Au lieu de dire que le corps A est plus chaud que le corps B, nous dirons que la température du corps A a une plus grande valeur que la température du corps B.

L'exemple que nous venons de développer nous met nettement en évidence les caractères généraux que présente la définition d'une quantité physique. Ce que nous venons de dire de la température pourrait se répéter, au moins dans ce qu'il y a d'essentiel, de toutes les définitions de grandeurs que l'on trouve au début d'une théorie physique quelconque. On le voit, les définitions physiques constituent un véritable vocabulaire : de même qu'un dictionnaire français est un ensemble de conventions faisant correspondre à chaque objet un nom, de même, dans une

théorie physique, les définitions sont un ensemble de conventions faisant correspondre une grandeur à chaque notion physique.

Parmi les caractères essentiels que présente une semblable définition, il en est un que nous voulons surtout mettre en évidence : c'est qu'une semblable définition est, à un haut degré, arbitraire. Tandis qu'en géométrie il ne peut y avoir qu'une bonne définition d'une notion donnée, de l'angle droit, par exemple, en physique il peut y avoir une infinité de définitions d'une notion, par exemple de la notion de température ou de la notion d'intensité lumineuse.

La notion physique qu'il s'agit de représenter possède un certain nombre de propriétés fondamentales. La grandeur destinée à la symboliser doit présenter un certain nombre de caractères propres à représenter ces propriétés. Mais toute grandeur qui présente ces caractères peut être prise pour symbole de la notion physique dont il s'agit.

Ainsi la température doit présenter les caractères suivants :

Elle a la même valeur pour deux corps également chauds ;

Elle a une plus grande valeur pour le corps A que pour le corps B si le corps A est plus chaud que le corps B.

Mais toute grandeur qui présente ces deux caractères peut être prise pour *température;* peu importent les autres propriétés qui servent à compléter cette définition ; peu importe que la température soit définie par des rapports de volumes, de pressions, de forces électromotrices, etc.

§ 3. *Des hypothèses en physique théorique.*

La définition des diverses grandeurs propres à symboliser les notions sur lesquelles portera une théorie constitue la première des opérations dont sortira cette théorie.

Voyons par quelle série d'opérations la théorie pourra ensuite se développer et s'achever.

Entre les diverses grandeurs que nous supposons définies, nous établirons un certain nombre de relations, exprimées par des propositions mathématiques, relations que nous nommerons les *hypothèses*.

Les hypothèses étant prises comme principes, nous en développerons logiquement les conséquences.

Parmi ces conséquences, il en est qui, en vertu des définitions posées, pourront se traduire en propositions portant uniquement sur des notions physiques, c'est-à-dire en propositions présentant la forme de lois expérimentales. Ces conséquences sont ce que l'on nomme les *conséquences vérifiables expérimentalement* de la théorie.

Ces conséquences expérimentalement vérifiables de la théorie se rangeront en deux classes : les conséquences qui se traduisent par une loi expérimentale exacte; les conséquences dont la traduction est en contradiction avec une loi expérimentale.

Si les conséquences de la théorie que l'expérience confirme forment un ensemble étendu et varié, la théorie aura rempli le but qui lui était assigné; elle permettra aux physiciens d'oublier toutes les lois expérimentales que, par son moyen, il leur est loisible de retrouver, pour garder seulement le souvenir de quelques définitions et de quelques hypothèses; la théorie sera bonne.

Si au contraire la théorie ne fournit qu'un petit nombre de conséquences vérifiées par l'expérience, elle n'aura pas rempli son but de coordination; elle sera mauvaise.

Tout cela est très facile à comprendre; il est inutile que nous insistions. Mais il est un point aussi délicat qu'important sur lequel il est nécessaire de revenir : nous voulons parler du choix des hypothèses. Ces propositions destinées à servir de principes à la théorie, comment serons-nous conduits à les énoncer? d'après quelles règles les choisirons-nous?

En principe, nous sommes absolument libres de faire ce choix comme bon nous semble; pourvu que les consé-

quences logiquement déduites de ces hypothèses par l'analyse mathématique nous fournissent le symbole d'un grand nombre de lois expérimentales exactes, nul n'a le droit de nous demander compte des considérations qui nous ont dicté ce choix.

C'est ce qu'exprimait si bien Nicolas Copernic au début de son livre : *De revolutionibus cœlestibus, libri sex*, en disant :

« *Neque enim necesse est eas hypotheses esse veras; imo, ne verisimiles quidem; sed sufficit hoc unum, si calculum observationibus congruentem exhibeant.* »

Mais, en fait, il est bien certain que ce choix ne se fait pas au hasard. Il existe des méthodes générales selon lesquelles sont prises les hypothèses fondamentales de la plupart des théories, et classer ces méthodes, c'est en même temps classer les théories.

La méthode idéale et parfaite consisterait à ne pas prendre d'autres hypothèses que la traduction symbolique, en langage mathématique, de quelques-unes des lois expérimentales dont on veut représenter l'ensemble. Dans ces conditions, le développement de la théorie serait lui-même, tout entier, la traduction symbolique, en langage mathématique, d'un raisonnement susceptible d'être formulé en langage ordinaire; ce raisonnement prendrait pour principes les lois expérimentales qu'ont symbolisées les hypothèses; il aurait pour conclusions les lois expérimentales que symbolisent les conséquences de la théorie. L'analyse mathématique ne jouerait d'autre rôle que celui d'abréger, d'alléger le langage. Toutes les conséquences de la théorie présenteraient le même degré de certitude. d'exactitude, que les lois expérimentales prises pour hypothèses. Les lois expérimentales qui s'offriraient comme conséquences de la théorie seraient vraiment une suite logique des lois expérimentales prises pour hypothèses.

Une telle théorie ne présenterait absolument rien

d'*hypothétique;* son auteur pourrait à juste titre prononcer le fameux *hypotheses non fingo* de Newton.

Disons-le de suite : la physique nous présente plusieurs théories qui s'approchent plus ou moins de cet idéal ; elle ne nous en offre aucune qui le réalise pleinement. Newton peut lancer l'*hypotheses non fingo ;* Ampère peut intituler son ouvrage : *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience;* en fait, il est aisé de montrer que leurs hypothèses ne sont pas la simple traduction symbolique des lois expérimentales.

Nous retrouverons, dans ce cours, la théorie d'Ampère ; nous aurons occasion d'étudier en détail les hypothèses sur lesquelles elle repose. Laissons-la donc de côté pour le moment et prenons la théorie de l'attraction universelle.

Quelles sont les lois expérimentales sur lesquelles elle repose ? Les lois de Képler. Quelle est la traduction exacte de ces lois dans le langage symbolique que créent les définitions de la mécanique rationnelle ?

« Le soleil exerce sur chaque planète une force attractive en raison inverse du carré de la distance du soleil à la planète. Les forces exercées par le soleil sur diverses planètes sont entre elles comme les masses de ces planètes. Les planètes n'exercent aucune force sur le soleil. »

Est-ce là l'hypothèse fondamentale sur laquelle repose la théorie de Newton ? Nullement. Cette proposition que nous venons d'énoncer, Newton la corrige ; puis il lui adjoint une nouvelle proposition non vérifiable par l'expérience ; puis il généralise le résultat obtenu.

Newton corrige, avons-nous dit, la proposition précédente : au lieu que, d'après les lois de Képler, les planètes n'exercent aucune action sur le soleil, Newton énonce que toute planète exerce sur le soleil une action égale et directement opposée à celle qu'elle en reçoit.

Newton se contente-t-il de cette correction ? Non, il ajoute une proposition que l'expérience ne lui fournit pas : à savoir, que si le soleil était remplacé par un autre corps,

les actions exercées sur les diverses planètes seraient multipliées par le rapport de la masse de ce nouveau corps à la masse du soleil.

Est-ce tout? Non encore; Newton généralise le résultat obtenu, et c'est seulement par cette généralisation qu'il peut énoncer le principe fondamental de sa théorie :

Deux corps matériels, dont les dimensions sont négligeables par rapport à leur distance, sont soumis à une attraction mutuelle proportionnelle au produit des masses des deux corps et en raison inverse du carré de la distance qui les sépare.

Qu'a donc fait Newton? A-t-il pris pour hypothèse la traduction symbolique d'une ou de plusieurs lois expérimentales? Nullement. Il a pris pour hypothèse une proposition dont les lois expérimentales placées au début de sa théorie sont seulement des conséquences particulières, exactes ou simplement approchées.

C'est là le procédé général employé par tous les théoriciens. Pour formuler leurs hypothèses, ils font choix de quelques-unes des lois expérimentales dont l'ensemble doit être embrassé par leur théorie; puis, par voie de correction, de généralisation, d'analogie, ils composent une proposition dont ces lois soient des conséquences exactes ou simplement approchées, et c'est cette proposition qu'ils prennent pour hypothèse.

Les hypothèses sur lesquelles repose toute théorie étant non pas la traduction adéquate des lois expérimentales, mais le résultat d'une élaboration plus ou moins considérable portant sur ces lois, on conçoit que tous les intermédiaires puissent exister entre l'hypothèse qui symbolise presque immédiatement la loi expérimentale, l'hypothèse voisine de l'idéal dont nous parlions il y a un instant, et l'hypothèse si éloignée de l'expérience que sa signification symbolique est presque complètement dissimulée, qu'elle a perdu presque tout sens physique.

§ 4. *Des bornes d'une théorie et des modifications qu'elle peut subir.*

Si toutes les hypothèses sur lesquelles repose une théorie étaient simplement la traduction symbolique de lois expérimentales, toutes les conséquences de la théorie seraient traduisibles en des lois dont le degré de certitude, dont le degré d'exactitude, seraient exactement le degré de certitude et d'exactitude des lois prises comme hypothèses. Mais, nous l'avons dit, les hypothèses sur lesquelles repose une théorie ne sont jamais la traduction exacte de lois expérimentales. Toutes, elles résultent d'une modification plus ou moins profonde imposée à des lois expérimentales par l'esprit du théoricien.

Or, de ce que les hypothèses sur lequelles repose une théorie renferment quelque chose qui n'était pas dans les lois expérimentales par lesquelles elles ont été suggérées, il suit que la certitude et l'exactitude de ces lois ne se retrouvent pas tout entières dans les conséquences de la théorie. Les lois physiques que symboliseraient les conséquences de la théorie peuvent ne pas être toutes exactes. On peut mettre en fait que, quelque vaste et sûre que soit une théorie physique, lorsqu'on la pousse suffisamment loin elle aboutit toujours à des conséquences contraires à l'expérience.

Nous l'avons déjà dit, mais l'assertion est si importante qu'elle vaut la peine que nous y insistions : une bonne théorie n'est pas une théorie dont aucune conséquence n'est en désaccord avec l'expérience ; à prendre cette toise, il n'y aurait aucune bonne théorie ; il est même vraisemblable que la création d'une bonne théorie surpasserait les forces de l'esprit humain. Une bonne théorie, c'est une théorie qui symbolise d'une manière suffisamment approchée un ensemble étendu de lois physiques ; qui ne rencontre de contradictions dans l'expérience que lorsqu'on

cherche à l'appliquer en dehors du domaine où l'on en veut faire usage.

De là il résulte que la valeur d'une théorie est un caractère tout relatif. Il dépend de l'ensemble de lois à la classification systématique desquelles la théorie doit être employée. Telle théorie, bonne pour classer les lois de la distribution sur les corps conducteurs homogènes (telle est la théorie de Poisson), cesse d'être une bonne théorie si l'on veut classer les lois relatives à tous les corps conducteurs, homogènes ou hétérogènes ; ou bien encore si l'on veut comprendre dans un même système les lois de la distribution sur les corps conducteurs et sur les corps diélectiques.

La valeur d'une théorie ne dépend pas seulement de l'ensemble des lois que l'on prétend résumer par cette théorie ; elle dépend encore du degré de précision des méthodes expérimentales qui servent à établir ou à appliquer ces lois ; en effet, on ne demande pas à une conséquence de la théorie de traduire une loi physique formellement identique à la loi expérimentale que l'on a en vue de représenter ; on lui demande seulement de traduire une loi physique dont les écarts par rapport à cette loi expérimentale soient inférieurs à la limite des erreurs d'observation ; c'est, en effet, un principe que l'on ne doit jamais oublier : en physique, deux lois, différentes de forme, doivent être regardées comme identiques si leurs écarts ne peuvent être constatés par les méthodes d'observation dont on dispose.

Dès lors, certaines conséquences d'une théorie pourront être regardées comme conformes aux lois expérimentales par un physicien qui dispose de moyens d'observation donnés, et comme contraires aux lois expérimentales par un autre physicien qui dispose de moyens d'observation plus parfaits, capables d'apprécier des écarts qui échappaient aux instruments du premier.

La théorie classique des gaz, par exemple, était bonne

pour les physiciens lorsque leurs instruments offraient le même degré de précision que ceux de Gay-Lussac. Lorsque le génie inventif de Regnault eut doté la science de procédés beaucoup plus subtils, cette théorie devint mauvaise.

Il y a plus : l'ancienne théorie des gaz, mauvaise pour un physicien dont les recherches réclament toute la précision exigée aujourd'hui, peut demeurer bonne pour un ingénieur, pour un chimiste, si leurs recherches ne réclament pas une exactitude plus grande que celle dont on se contentait au temps de Gay-Lussac.

Ainsi une théorie ne peut être jugée, si l'on ne prend en considération les limites du champ auquel elle prétend s'appliquer et le degré de précision expérimentale qu'elle suppose. Si quelqu'une de ses conséquences, comprise dans les limites du champ pour lequel la théorie se prétend valable, s'écarte d'une loi expérimentale assez pour que l'écart puisse être apprécié par les méthodes d'observation dont la théorie déclare accepter le contrôle, la théorie doit être condamnée; sinon, elle doit être approuvée.

Ce que nous venons de dire montre que l'on peut, sans contradiction, considérer une théorie comme bonne et proposer de la remplacer par une théorie meilleure. La première théorie représentait avec une approximation donnée un ensemble donné de lois expérimentales; la nouvelle théorie représentera un ensemble plus étendu de lois, ou bien représentera les mêmes lois avec une approximation plus grande.

Pour remplacer une théorie par une théorie plus parfaite, il n'est pas toujours, il n'est presque jamais nécessaire de détruire entièrement la première. Très souvent il suffit de former une théorie plus complète, où les définitions, les hypothèses de la première théorie se retrouvent en entier, mais où de nouvelles définitions sont introduites, où de nouvelles hypothèses sont énoncées. C'est ainsi qu'après

avoir traité la théorie de la distribution électrique sur des systèmes qui ne renferment que des corps conducteurs, on peut, sans rien perdre de cette théorie, la compléter de manière qu'elle comprenne aussi les lois de la distribution sur les systèmes qui renferment à la fois des corps conducteurs et des diélectriques.

Parfois, une théorie ne peut être remplacée par une théorie plus parfaite qu'au moyen de transformations plus profondes, qui altèrent les définitions et les hypothèses sur lesquelles reposait la première théorie. Il est aisé de comprendre comment de semblables transformations sont possibles.

La définition d'une grandeur physique implique toujours un haut degré d'arbitraire. Cette grandeur doit présenter un certain nombre, en général assez limité, de caractères qui lui sont imposés par la notion même qu'elle doit symboliser. Mais toute grandeur qui présente ces caractères est propre à symboliser cette notion. En sorte que, pour représenter une même notion, on pourra, en général, faire usage d'une foule de grandeurs extrêmement différentes.

Le simple changement des définitions conduirait déjà à changer les hypothèses. Une même loi expérimentale sera symbolisée par deux énoncés mathématiques différents, si les notions sur lesquelles elle porte sont représentées par des grandeurs différentes. Mais cette modification, purement formelle, peut être regardée comme n'étant pas une véritable transformation de l'hypothèse; c'est simplement une traduction de la même hypothèse au moyen de symboles différents, et ces deux énoncés d'une même hypothèse dans deux systèmes de symboles différents ne constituent pas plus deux hypothèses différentes que les énoncés d'une même proposition en français, en latin et en grec ne constituent trois propositions différentes.

Une hypothèse peut être modifiée d'une manière qui atteint plus profondément sa signification.

Si une hypothèse était simplement la traduction symbolique d'une loi expérimentale, elle ne pourrait être modifiée que de la manière que nous venons d'indiquer, du moins tant que la loi expérimentale continuerait à être considérée comme exacte. Mais en réalité, nous l'avons dit, toutes les hypothèses sont autre chose que la simple traduction d'une loi expérimentale; elles sont toutes le résultat d'une transformation imposée à la loi expérimentale par l'esprit du physicien; et c'est par là qu'elles sont modifiables; deux physiciens différents peuvent faire subir à une même loi expérimentale une transformation différente, par conséquent énoncer deux hypothèses différentes, construire deux théories différentes, aboutir à des conséquences différentes.

Ainsi, plus les hypothèses sur lesquelles repose une théorie seront voisines de cette forme idéale qui est la simple traduction symbolique d'une loi expérimentale, plus il sera difficile de les modifier; plus, par conséquent, la théorie aura chance de durer autant que les lois expérimentales qu'elle représente; de se modifier seulement par voie d'extension et d'accroissement, sans être ni altérée, ni détruite. Plus, au contraire, les hypothèses seront éloignées des lois expérimentales qui les ont fait concevoir; plus le physicien aura mis du sien dans leur énoncé, et plus la théorie sera chancelante et sujette à démolition. En sorte que, dès maintenant, les considérations purement logiques que nous venons de développer nous indiquent dans quel sens le théoricien doit diriger ses efforts, s'il veut donner le jour à une œuvre viable.

§ 5. *Des théories mécaniques.*

Il s'en faut bien que les efforts des théoriciens aient toujours été dirigés dans le sens que nous venons d'indiquer. Leur idéal a été pendant très longtemps, est encore

aujourd'hui, pour beaucoup d'entre eux, extrêmement différent de celui vers lequel nous croyons qu'il faut tendre ; c'est à cette tendance erronée que l'on doit attribuer les incessants bouleversements qu'a subis la Physique théorique et, partant, le discrédit où cette sience est tombée dans l'esprit de beaucoup de physiciens.

Ce faux idéal, c'est la *théorie mécanique*.

Cherchons d'abord à nous rendre compte exactement de la nature de ce qu'on nomme une théorie mécanique.

Nous avons vu qu'à chaque notion physique, la théorie devait substituer, à titre de symbole, une certaine grandeur ; que cette grandeur était astreinte à présenter certaines propriétés, traduction immédiate des caractères de la notion qu'elle symbolise ; mais qu'à part ces caractères, en général peu nombreux, sa définition demeurait absolument arbitraire. Dans une théorie mécanique, on impose en outre à toutes les grandeurs physiques sur lesquelles portent les lois que l'on va avoir à relier entre elles la condition d'être composées au moyen des éléments géométriques et mécaniques d'un certain système fictif ; à toutes les hypothèses, d'être l'énoncé des propriétés dynamiques de ce système.

Prenons, par exemple, la théorie de la lumière. Nous y trouvons certaines notions, celle de couleur, celle d'intensité d'une lumière monochromatique. Ces notions présentent un certain nombre de caractères que devront reproduire les grandeurs qui les symboliseront dans une théorie quelconque. La couleur, par exemple, devra être symbolisée par une grandeur ayant pour chaque couleur une valeur déterminée, et des valeurs différentes pour des couleurs différentes. L'intensité devra être représentée par une grandeur toujours positive, ayant la même valeur en deux points également éclairés, une valeur plus grande au point A qu'au point B si le point A est plus éclairé que le point B. Les lois expérimentales de la propagation de la lumière, des interférences, de la réflexion, de la

réfraction, de la dispersion, lois généralisées au besoin, se traduiront par une série d'hypothèses reliant entre elles ces diverses grandeurs. L'ensemble de ces hypothèses formerait le point de départ d'une *théorie physique* de la lumière.

Ce n'est pas ainsi, par une simple généralisation de lois expérimentales, que nous obtiendrons nos hypothèses, si nous voulons créer une *théorie mécanique* de la lumière. Nous admettrons que toutes les notions physiques que l'on rencontre en étudiant les phénomènes lumineux doivent être représentées par les propriétés mécaniques d'un certain milieu, l'éther. Nous chercherons à imaginer la constitution de ce milieu de façon que ses propriétés mécaniques puissent former un symbole de toutes les lois de l'optique. La couleur sera alors symbolisée par la période d'un certain mouvement vibratoire propagé dans ce milieu ; l'intensité, par la force vive moyenne de ce mouvement; et les lois de la propagation de la lumière, de sa réflexion, de sa réfraction, devront résulter de l'application à ce milieu des théorèmes fournis par l'Élastique. C'est ainsi que se forme la théorie classique de la lumière.

Beaucoup de physiciens ne veulent pas d'autre théorie qu'une théorie mécanique; avec Huygens, ils pensent par là être « dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effects naturels par des raisons de méchanique. Ce qu'il faut faire, à mon avis, ou bien renoncer à toute espérance de jamais rien comprendre dans la Physique. »

Ils exigent que toute grandeur physique soit composée avec les seules grandeurs qui définissent les propriétés mécaniques d'un certain système matériel.

Mais leurs exigences ne s'arrêtent pas toujours là. En général, d'autres obligations, variables avec l'école à laquelle ils appartiennent, viennent se greffer sur celles-là. Pour les uns, le système matériel doit être formé de milieux continus ; pour les autres, d'atomes isolés; les uns

admettent entre les divers éléments matériels des forces attractives ou répulsives; d'autres rejettent l'existence de semblables forces et veulent que les atomes matériels puissent agir seulement au contact conformément aux lois du choc.

Ainsi, lorsque nous nous proposons simplement de construire une théorie physique, les grandeurs que nous définissons, les hypothèses que nous énonçons ne sont soumises qu'aux conditions que leur imposent d'une part les lois expérimentales, d'autre part les règles de l'algèbre et de la géométrie. Lorsque nous nous proposons de construire une théorie mécanique, nous nous imposons en outre l'obligation de ne faire entrer dans ces définitions et ces hypothèses qu'un nombre très restreint de notions d'une nature déterminée.

Le premier inconvénient d'une semblable méthode, c'est qu'en restreignant le nombre des éléments au moyen desquels doit être construit le symbole d'un ensemble de lois, on ne laisse d'autre ressource au physicien, pour répondre à toutes les exigences de l'expérience, que de compliquer les combinaisons qu'il forme avec ces éléments.

Imaginons deux artistes auxquels on demande de représenter la forme d'un même objet; à l'un, on permet l'emploi de toutes les ressources que lui fournissent les arts du dessin; à l'autre, on ne permet que l'emploi du trait. Le premier, par le jeu des ombres, pourra, sur une seule épure, nous donner de l'objet une représentation que le second égalera à grand'peine en dessinant un grand nombre de profils. Le premier artiste est l'image du physicien qui compose une théorie physique, le second, du physicien qui construit une théorie mécanique. Que l'on examine la complication des milieux imaginés par sir W. Thomson pour rendre compte des lois de l'optique, par Maxwell pour représenter les phénomènes électriques, et l'on comprendra la justesse de cette comparaison.

La méthode qui repousse toute théorie non mécanique

réfraction, de la dispersion, lois généralisées au besoin, se traduiront par une série d'hypothèses reliant entre elles ces diverses grandeurs. L'ensemble de ces hypothèses formerait le point de départ d'une *théorie physique* de la lumière.

Ce n'est pas ainsi, par une simple généralisation de lois expérimentales, que nous obtiendrons nos hypothèses, si nous voulons créer une *théorie mécanique* de la lumière. Nous admettrons que toutes les notions physiques que l'on rencontre en étudiant les phénomènes lumineux doivent être représentées par les propriétés mécaniques d'un certain milieu, l'éther. Nous chercherons à imaginer la constitution de ce milieu de façon que ses propriétés mécaniques puissent former un symbole de toutes les lois de l'optique. La couleur sera alors symbolisée par la période d'un certain mouvement vibratoire propagé dans ce milieu ; l'intensité, par la force vive moyenne de ce mouvement; et les lois de la propagation de la lumière, de sa réflexion, de sa réfraction, devront résulter de l'application à ce milieu des théorèmes fournis par l'Élastique. C'est ainsi que se forme la théorie classique de la lumière.

Beaucoup de physiciens ne veulent pas d'autre théorie qu'une théorie mécanique; avec Huygens, ils pensent par là être « dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effects naturels par des raisons de méchanique. Ce qu'il faut faire, à mon avis, ou bien renoncer à toute espérance de jamais rien comprendre dans la Physique. »

Ils exigent que toute grandeur physique soit composée avec les seules grandeurs qui définissent les propriétés mécaniques d'un certain système matériel.

Mais leurs exigences ne s'arrêtent pas toujours là. En général, d'autres obligations, variables avec l'école à laquelle ils appartiennent, viennent se greffer sur celles-là. Pour les uns, le système matériel doit être formé de milieux continus ; pour les autres, d'atomes isolés; les uns

admettent entre les divers éléments matériels des forces attractives ou répulsives; d'autres rejettent l'existence de semblables forces et veulent que les atomes matériels puissent agir seulement au contact conformément aux lois du choc.

Ainsi, lorsque nous nous proposons simplement de construire une théorie physique, les grandeurs que nous définissons, les hypothèses que nous énonçons ne sont soumises qu'aux conditions que leur imposent d'une part les lois expérimentales, d'autre part les règles de l'algèbre et de la géométrie. Lorsque nous nous proposons de construire une théorie mécanique, nous nous imposons en outre l'obligation de ne faire entrer dans ces définitions et ces hypothèses qu'un nombre très restreint de notions d'une nature déterminée.

Le premier inconvénient d'une semblable méthode, c'est qu'en restreignant le nombre des éléments au moyen desquels doit être construit le symbole d'un ensemble de lois, on ne laisse d'autre ressource au physicien, pour répondre à toutes les exigences de l'expérience, que de compliquer les combinaisons qu'il forme avec ces éléments.

Imaginons deux artistes auxquels on demande de représenter la forme d'un même objet; à l'un, on permet l'emploi de toutes les ressources que lui fournissent les arts du dessin; à l'autre, on ne permet que l'emploi du trait. Le premier, par le jeu des ombres, pourra, sur une seule épure, nous donner de l'objet une représentation que le second égalera à grand'peine en dessinant un grand nombre de profils. Le premier artiste est l'image du physicien qui compose une théorie physique, le second, du physicien qui construit une théorie mécanique. Que l'on examine la complication des milieux imaginés par sir W. Thomson pour rendre compte des lois de l'optique, par Maxwell pour représenter les phénomènes électriques, et l'on comprendra la justesse de cette comparaison.

La méthode qui repousse toute théorie non mécanique

conduit à de grandes complications; il se peut fort bien aussi qu'elle se heurte à des impossibilités. Qui nous assure que toutes les notions physiques, que toutes les lois expérimentales pourront être symbolisées par une combinaison, même très compliquée, des seuls concepts mécaniques? Prenez cet artiste, à qui vous interdisez tout autre procédé que le trait, et demandez-lui de rendre la couleur de l'objet qu'il a devant les yeux : il ne pourra le faire. N'est-ce pas pour une raison analogue que les théories mécaniques les plus complexes n'ont pu, jusqu'ici, rendre un compte satisfaisant du principe de Carnot?

Ainsi, bien loin que la théorie mécanique nous apparaisse comme la théorie idéale, nous la regardons comme une théorie gênée par des entraves qui lui imposent une forme étriquée et parfois même rendent son développement impossible. Nous avons vu qu'une théorie offrait d'autant plus de garanties d'exactitude et de durée que les hypothèses sur lesquelles elle repose étaient plus voisines de la simple traduction des lois expérimentales. Or, parmi les hypothèses sur lesquelles repose une théorie mécanique, il en est un grand nombre qui n'ont pas l'expérience pour source et qui découlent seulement des conventions exigeantes arbitrairement posées par le physicien. Ces hypothèses-là sont le germe qui tue toutes les théories mécaniques.

En effet, les théories mécaniques disparaissent de la science les unes après les autres.

Lorsqu'on compare aux lois expérimentales les conséquences d'une théorie mécanique, on trouve des conséquences vérifiées et des conséquences contredites ; lorsqu'on remonte de ces conséquences aux hypothèses sur lesquelles repose la théorie, on trouve presque invariablement que les conséquences vérifiées découlent de celles des hypothèses qui traduisent simplement les lois expérimentales; tandis que les conséquences contredites découlent de celles des hypothèses qu'impose la nature mécanique de

la théorie. Aussi les physiciens sont-ils amenés peu à peu à supprimer ces dernières hypothèses pour ne garder que les premières; à transformer une théorie mécanique en une théorie physique. C'est ainsi, par exemple, que la branche de la science qui a été longtemps présentée comme la *Théorie mécanique de la Chaleur*, est devenue graduellement, sous le nom de *Thermodynamique*, l'une des plus parfaites des théories *physiques*.

§ 6. *La physique théorique n'est pas une explication métaphysique du monde matériel.*

Si la théorie mécanique, bien loin d'être la théorie idéale, se présente à peu près comme la théorie la plus éloignée de l'idéal, comment expliquer la vogue qui la fait considérer par tant de physiciens comme le terme suprême de la science? Nous touchons ici au nœud vital de toutes les doctrines erronées dont la physique théorique a fait l'objet.

Nous avons cherché à délimiter exactement la nature et le but de la physique théorique; elle est, avons-nous dit, un système, une construction symbolique, destinée à résumer, en un petit nombre de définitions et de principes, l'ensemble des lois expérimentales. Voilà son rôle, utile, mais modeste. Il n'est que trop aisé de l'exagérer.

Une tendance invincible nous pousse à rechercher la nature des choses matérielles qui nous environnent, la raison d'être des lois qui régissent les phénomènes que nous observons. Cette tendance entraîne tout homme, depuis le sauvage le plus superstitieux jusqu'au philosophe le plus curieux. Comment ne saisirait-elle pas avec une grande force celui dont les méditations continuelles ont pour objet le monde physique? A cette tendance, joignez le désir qu'a naturellement tout homme de grossir l'importance d'un objet qu'il a longtemps et péniblement pour-

suivi; vous comprendrez sans peine comment le physicien est conduit à prendre les systèmes qu'il a construits en vue de représenter symboliquement les lois expérimentales pour une explication métaphysique de ces lois.

Il y a plus : non seulement tout, au dedans de lui, pousse le physicien à regarder les théories qu'il a construites comme des explications de la nature; mais encore la foule au milieu de laquelle il vit exerce sur ses idées une influence puissante dans la même direction. La foule n'a que deux manières de comprendre la physique : ou bien elle lui demande des applications immédiates qui satisfassent ses besoins matériels; ou bien elle exige d'elle une explication du monde physique qui satisfasse son ambition de tout comprendre. Aussi accueille-t-elle avec méfiance le savant prudent, celui qui définit avec une consciencieuse précision le sens et les limites des lois qu'il énonce. Mais qu'un homme présente à cette foule une théorie plus ou moins étendue comme une explication métaphysique de l'univers, elle accueillera ses enseignements avec une aveugle confiance; elle rangera au nombre des vérités définitivement établies ces vues d'un esprit qui exagère l'importance de ses conceptions jusqu'à en fausser le caractère essentiel; elle croira contempler la structure même du monde, et n'aura devant les yeux qu'une construction fragile, bientôt détruite pour faire place à une autre.

Le physicien est donc porté par lui-même, aussi bien que par le milieu qui l'environne, à chercher dans la théorie non une coordination systématique des lois, mais une explication de ces lois. Dès lors, ses préférences vont-elles se porter vers la forme de théorie que nous avons préconisée comme la forme idéale, ou bien vers la théorie mécanique? Il est bien aisé de voir que la théorie mécanique lui apparaîtra comme le but vers lequel doivent tendre ses efforts.

Imaginons en effet qu'un chercheur ait bien soin, toutes les fois qu'il définit une grandeur physique, de marquer

que cette grandeur est seulement assujettie à symboliser par quelques-uns de ses caractères une notion d'origine expérimentale, et que, par ailleurs, sa définition est entièrement libre ; qu'il ait bien soin, toutes les fois qu'il énonce une hypothèse, de marquer jusqu'à quelle limite cette hypothèse est la traduction d'une loi d'expérience ; quelque étendue, quelque féconde que soit sa théorie, il lui sera bien difficile de perdre de vue son caractère exclusivement symbolique et de croire qu'il a obtenu une explication des lois qu'il a représentées.

Imaginons au contraire un chercheur qui ait construit de toutes pièces un mécanisme plus ou moins compliqué dont les diverses propriétés représentent un certain nombre de lois physiques; il pourra bien plus aisément oublier que si certaines propriétés de son mécanisme symbolisent certaines lois du monde, son mécanisme lui-même ne représente pas le monde; pour représenter une notion physique, il a formé une conception complexe ; il pourra croire que, de même que cette conception complexe représente la notion physique, les éléments qui composent cette conception représentent les causes qui font naître en nous cette notion. Son erreur est semblable à celle d'un mécanicien qui, voyant l'automate qu'il a construit imiter les mouvements d'un homme, finirait par s'imaginer que la structure de l'automate représente l'organisme humain.

Un exemple rendra bien palpable cette différence.

Qu'un physicien introduise dans ses théories la température comme une grandeur destinée à symboliser la notion de chaud ; la quantité de chaleur comme une grandeur destinée à représenter le poids d'un certain corps qu'un phénomène déterminé peut échauffer d'une quantité déterminée ; qu'il introduise le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail, le principe de Carnot, comme des généralisations de lois expérimentales ; quelque riche moisson de conséquences que lui apporte la théorie thermodynamique qu'il a conçue, il ne la prendra sûrement pas pour un système métaphysique expliquant l'univers.

Au contraire, qu'un physicien imagine un système formé d'un nombre immense de petits corps animés d'un mouvement stationnaire ; qu'il suppose la force vive moyenne de ces petits corps proportionnelle à la température absolue ; que, par des suppositions convenablement choisies sur leur nombre, leurs dimensions, les mouvements qui les animent, les forces qu'ils exercent les uns sur les autres, il arrive à déduire le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail, voire le principe de Carnot, de l'application des théorèmes de la mécanique à ces petits corps, et il sera tenté de s'écrier : « Voilà comment est fait le monde ! »

C'est donc parce que beaucoup veulent pouvoir dire, en montrant les combinaisons qui résultent du jeu de leur esprit : « cela est l'explication de l'univers », que beaucoup ne sont point satisfaits d'une théorie si elle n'emprunte tous ses éléments à la mécanique.

A ceux qui veulent que leurs théories expliquent la nature et les causes des lois physiques, opposons celui qui ne cherche dans la physique théorique qu'un symbole de ces lois ; celui-là ne limitera pas d'avance le nombre et la nature des notions qu'il lui sera permis de combiner entre elles ; il admettra dans son système d'autres grandeurs que celles de la géométrie et de la mécanique ; lorsqu'une quantité aura été nettement définie, lorsqu'on aura posé d'une manière précise les règles d'après lesquelles elle doit être traitée dans les raisonnements et dans les calculs, mesurée dans les expériences, il ne se refusera nullement à en faire usage ; si les hypothèses faites sur cette quantité permettent de bien représenter la classe de phénomènes qu'il étudie, son esprit sera satisfait ; il ne perdra pas son temps et ses efforts à remplacer cette notion par une combinaison de concepts géométriques et mécaniques.

Ainsi, dans la théorie de la chaleur, il cherchera à poser d'une manière précise les règles suivant lesquelles on doit raisonner sur les notions de *température* et de *quan-*

tité de chaleur; puis, développant, en conformité avec ces règles, la chaîne de ses déductions, il en poussera les conséquences dans l'étude de la vaporisation, de la fusion, de la dissociation, de la dissolution; lorsqu'il verra une multitude de phénomènes variés et compliqués se débrouiller, se classer, se relier les uns aux autres par la théorie qu'il a conçue, il croira avoir atteint son but. Que l'on vienne lui demander de construire, à l'aide des notions d'espace, de temps et de masse, des concepts complexes jouissant de propriétés analogues à celles qu'il attribue à la température et à la quantité de chaleur, il dédaignera de satisfaire à ces exigences; qu'on lui reproche alors d'employer des *qualités occultes,* il ne se sentira pas atteint par cette critique : il a voulu classer les lois, non dévoiler les causes.

§ 7. *Du rôle des théories mécaniques dans l'histoire de la science.*

La critique à laquelle nous venons de soumettre les théories dites mécaniques soulève immédiatement une objection : si ces théories ont pour principe une idée si complètement erronée du rôle de la physique, d'où vient qu'elles aient fait faire à la physique de si grands progrès?

Cette objection mérite qu'on y réponde, car il est impossible de nier les découvertes que la science doit aux théories mécaniques. Descartes, Newton, Huygens, Laplace, Poisson, Fresnel, Cauchy, sont tous acquis à l'idée que la physique doit être purement mécanique, et nous leur devons la physique moderne. La théorie de la lumière, telle qu'elle est sortie du génie de Fresnel, a été la plus féconde des théories, et c'est une théorie mécanique.

L'objection est aisée à dissiper.

C'est toujours au début d'une science que son rôle est le

plus mal défini. Ceux qui la créent sont, plus que d'autres, portés à en exagérer la portée. Il n'est donc nullement étonnant que les créateurs de la physique théorique aient presque tous cherché à édifier des théories mécaniques. Mais ce n'est pas parce qu'ils ont fait usage de semblables théories qu'ils ont fait une abondante moisson de découvertes. Ce qui est vrai, c'est que, d'une part, les théories doivent se montrer surtout fécondes à l'origine de la physique théorique, et que, d'autre part, à l'origine de la physique théorique, les théories mécaniques doivent naturellement être en faveur. La fécondité des théories mécaniques au siècle dernier et au commencement de celui-ci n'est donc pas une suite logique de la nature de ces théories. Il y a simplement coïncidence entre leur forme mécanique d'une part, et la multiplicité et l'importance des découvertes qu'elles produisent d'autre part ; coïncidence nullement fortuite d'ailleurs, mais découlant des lois qui président au développement de la science.

C'est ainsi que, dans l'enfance, la naïveté coïncide avec l'acquisition d'une masse énorme de connaissances, sans que l'un de ces caractères puisse être regardé comme conséquence de l'autre ; l'un et l'autre coïncident simplement, et cela parce que l'un et l'autre dérivent des lois du développement de l'intelligence humaine. C'est au début de son développement intellectuel que l'enfant apprend le plus ; c'est aussi à ce début qu'il se rend le moins exactement compte de la valeur de ses connaissances.

Si l'opinion que nous émettons là est exacte, au fur et à mesure que la physique théorique se perfectionne, les physiciens les plus éminents doivent comprendre de mieux en mieux sa nature et son but; leurs faveurs doivent peu à peu abandonner les théories mécaniques pour se porter vers les véritables théories physiques ; celles-ci doivent hériter de la fécondité que perdent celles-là. Ceux qui suivent de près l'histoire de la science à notre époque ne peuvent manquer d'avoir remarqué cette décadence des

théories mécaniques et cette importance toujours croissante des théories purement physiques.

Ainsi, ce que nous avons dit de la nature de la physique théorique nous explique les changements qu'ont subis, au cours de l'histoire, les méthodes propres à la traiter.

Il est encore une autre question historique qui peut être éclairée par les remarques précédentes.

Si le physicien cherche dans ses théories une explication des lois de la nature, il ne pourra accepter comme satisfaisante qu'une théorie conforme à ses idées métaphysiques. Si le philosophe croit trouver dans les théories développées par le physicien la raison d'être des phénomènes matériels, il s'inspirera de ces théories dans la construction de son système métaphysique. De là une action mutuelle très intime, très puissante, de la physique et de la métaphysique de chaque époque. La métaphysique cartésienne imprime son sceau non seulement à la physique de Descartes, mais aussi à celle d'Huygens, et ses caractères essentiels se retrouvent dans l'œuvre d'Euler et dans celle de Lagrange. Avec Newton, apparaît une école de physique, dont Laplace, Poisson et Cauchy sont, après le fondateur, les plus hautes personnalités; l'histoire de cette école, que l'on pourrait nommer l'*École de l'attraction moléculaire,* est intimement liée à l'histoire des idées Leibnitziennes. De nos jours, certaines écoles philosophiques, celle d'Herbert Spencer par exemple, sont tout imprégnées d'idées empruntées à certaines théories thermodynamiques. C'est un point que nous nous bornons à indiquer ici en passant, mais dont la claire vue illumine l'histoire entière des théories physiques.

Au fur et à mesure que l'on se rendra mieux compte du rôle purement symbolique des théories physiques, ces théories deviendront plus indépendantes des doctrines métaphysiques en vogue, et en même temps elles renonceront à la prétention mal fondée d'imposer leur système à la métaphysique. Il se passera pour elles quelque chose

d'analogue à ce qui s'est produit pour l'analyse mathématique. Née des doctrines métaphysiques et théologiques relatives aux rapports entre l'infini et le fini, aux relations entre le surnaturel et le naturel, l'analyse mathématique a, en retour, exercé sur la métaphysique et la théologie une influence qui n'a pas toujours été exempte de prétentions tyranniques. Il a fallu le génie d'un Lagrange pour deviner, et les efforts d'un siècle de grands mathématiciens pour prouver que l'analyse mathématique avait son domaine propre, ses méthodes propres, et qu'elle ne devait ni accepter le joug de la métaphysique et de la théologie, ni leur imposer le sien.

§ 8. *Toutes les théories d'une même classe de phénomènes ne sont pas équivalentes.*

Nous ne sommes point seuls à professer les idées que nous venons d'exposer, et, s'il est un avis que nous soyons heureux de pouvoir invoquer à l'appui du nôtre, c'est assurément celui de l'analyste illustre qui a écrit les lignes suivantes :

« Les théories mathématiques n'ont pas pour objet de nous révéler la véritable nature des choses ; ce serait là une prétention déraisonnable. Leur but unique est de coordonner les lois physiques que l'expérience nous fait connaître, mais que, sans le secours des mathématiques, nous ne pourrions même énoncer » (1).

Le même auteur continue en ces termes :

« Les théories proposées pour expliquer les phénomènes optiques par les vibrations d'un milieu élastique sont très nombreuses et également plausibles. »

Dans ces lignes, nous croyons pressentir une tendance qui règne, en notre temps, dans tous les domaines intellectuels

(1) H. Poincaré. *Théorie mathématique de la Lumière.* Préface.

et qui commence à imposer son empire même à la Physique Mathématique : cette tendance consiste à regarder comme équivalentes les différentes théories que l'on peut donner d'un même ensemble de lois, et à les étudier toutes sans accorder de préférence à aucune d'entre elles. Nous voudrions, en quelques mots, marquer en quoi l'application de cette méthode à la Physique Théorique est illégitime et comment il est possible d'en éviter l'emploi.

Assurément, celui qui tient toute théorie physique non point pour une explication de la nature, adéquate à son objet, mais pour un système destiné à fournir le symbole d'un ensemble de lois expérimentales, se gardera bien de croire qu'une seule théorie soit capable de représenter une classe donnée de phénomènes ; autant vaudrait croire que deux portraits d'un même homme ne peuvent être différents l'un de l'autre et pourtant ressemblants.

Mais s'il est possible de faire d'un même homme une foule de portraits différents, il n'en résulte pas que l'on ne puisse raisonnablement préférer un de ces portraits aux autres ; de même, il peut se faire que différentes théories d'une même classe de phénomènes soient logiquement acceptables sans être pour cela également plausibles ; nous pouvons avoir des motifs raisonnables de préférer l'une d'entre elles.

Et d'abord, nous supposons que les différentes théories entre lesquelles il s'agit de choisir soient toutes logiquement acceptables ; car il existe des théories que la logique nous contraint de rejeter ou de modifier.

La logique laisse libre le choix des hypothèses ; mais elle exige que toutes ces hypothèses soient compatibles entre elles, qu'elles soient toutes indépendantes les unes des autres ; une théorie n'a pas le droit d'invoquer des hypothèses inutiles ; elle doit en réduire le nombre au minimum ; elle n'a pas le droit de réunir ensemble les conséquences déduites d'hypothèses inconciliables.

La série de déductions qui part des hypothèses et qui

constitue le développement de la théorie est, dans toute son étendue et en toute rigueur, soumise aux lois de la logique. Il n'est pas permis d'y dissimuler une lacune, si petite soit-elle; si cette lacune peut être comblée, elle doit l'être; si elle ne peut être comblée, elle doit, du moins, être nettement délimitée et signalée sous forme de postulat. *A fortiori,* aucune contradiction n'y peut être tolérée.

La comparaison des résultats de la théorie avec les faits est une opération qui n'est pas exclusivement soumise aux lois du raisonnement déductif; l'appréciation du degré d'approximation qui peut être regardé comme suffisant a quelque chose d'arbitraire; mais si, dans le domaine auquel la théorie prétend s'appliquer, nous rencontrons une loi expérimentale qui soit en contradiction avec les conséquences de la théorie, la théorie doit être rejetée, ou, tout au moins, on doit restreindre l'étendue de la classe de lois qu'elle prétendait embrasser.

Maintenir une théorie que les faits démentent, c'est faire preuve d'une obstination puérile. Quant à ceux — et il y en a — qui, chargés d'observer les faits, dissimulent ou faussent sciemment les résultats des expériences pour éviter la ruine d'une idée dont le succès flatte leur vanité, ce n'est plus à la logique de condamner leur erreur, mais à la morale de flétrir leur duperie.

Les règles que nous venons d'énoncer sont banales, ou, du moins, devraient l'être; elles l'étaient autrefois.

« Les anciennes théories de la Physique nous donnaient, à cet égard, une satisfaction complète. Tous nos maîtres, depuis Laplace jusqu'à Cauchy, ont procédé de la même manière. Partant d'hypothèses nettement énoncées, ils en ont déduit toutes les conséquences avec une rigueur mathématique, et les ont comparées ensuite avec l'expérience. Ils semblent vouloir donner à chacune des branches de la Physique la même précision qu'à la Mécanique céleste.

« Pour un esprit accoutumé à admirer de tels modèles, une théorie est difficilement satisfaisante. Non seulement il n'y tolèrera pas la moindre apparence de contradiction, mais il exigera que les diverses parties en soient logiquement reliées les unes aux autres et que le nombre des hypothèses distinctes soit réduit au minimum » (1).

Dans notre temps, qui semble se plier avec peine aux règles de la logique, ces exigences paraissent exagérées à bien des esprits, à de grands esprits peut-être.

Prenons un exemple. Maxwell écrit un Traité d'Électricité; dans ce traité, il développe plusieurs théories différentes, inconciliables entre elles (2), parfois même, comme sa théorie des pressions à l'intérieur des diélectriques, contradictoires avec les principes les mieux assis de l'Hydrostatique et de l'Élasticité ; il ne se préoccupe pas d'expliquer ces contradictions, de séparer le domaine de chacune de ces théories; il les mêle au contraire et les enchevêtre; les débrouiller devient une tâche tellement difficile qu'un illustre analyste ne la regarde pas comme indigne de ses efforts; à toute cette œuvre manque un contrôle expérimental précis; parfois même les faits lui donnent tort. Les physiciens, sans doute, refuseront une œuvre semblable ? Ils vont la démonter pièce à pièce, gardant seulement ce qu'elle peut renfermer de bon parmi ses incohérences, pour le faire entrer dans une œuvre plus une, plus logiquement construite ? Nullement : tous admirent l'œuvre du maître, tous la reproduisent dans leur enseignement, redisant ce qu'elle renferme d'incompréhensible, en avouant parfois, avec une sorte de respect superstitieux, qu'ils ne comprennent pas : à les entendre, il semblerait que la science ait le droit de proposer des mystères à notre croyance !

N'hésitons pas à repousser cette faiblesse; une théorie

(1) H. Poincaré. *Électricité et Optique*. I. *Les Théories de Maxwell. Introduction.*

(2) Voir l'ouvrage précédemment cité de M. Poincaré.

illogique n'est pas un mystère devant lequel la raison puisse s'incliner; elle est une absurdité que la raison doit rejeter sans pitié; peu importe qu'elle soit due à un grand physicien; une idée puissante peut être fausse; admirons l'auteur et condamnons l'idée.

Mais, d'une même classe de phénomènes, il peut exister plusieurs théories, toutes fondées sur des hypothèses clairement énoncées, toutes logiquement construites, toutes en accord satisfaisant avec les faits qu'elles prétendent représenter : l'Optique nous en offre un saisissant exemple (1). Logiquement, toutes ces théories sont acceptables; en résulte-t-il qu'elles soient toutes équivalentes ? Aucun criterium logique ne décide entre elles ; en résulte-t-il que nous ne puissions avoir aucun motif raisonnable de préférer l'une à l'autre ?

Trois caractères peuvent nous servir à choisir entre ces différentes théories; ce sont :

L'étendue de la théorie;

Le nombre des hypothèses;

La nature des hypothèses.

Deux théories sont en présence : l'une embrasse une certaine classe de phénomènes; l'autre embrasse, dans une représentation unique, non seulement cette classe de phénomènes, mais encore d'autres classes auxquelles ne peut s'étendre le mode de représentation adopté par la première : assurément, nous devrons préférer la seconde.

Ainsi, la théorie de la réflexion et de la réfraction donnée par Fresnel, bonne pour les corps amorphes, ne peut s'étendre aux cristaux; la théorie qu'ont donnée Mac Cullagh et F. E. Neumann embrasse, dans un même exposé, les corps amorphes et les cristaux : cette dernière doit être préférée à la première.

Deux théories de même étendue peuvent invoquer un

(1) Voyez. F. E. Neumann. *Vorlesungen über die Theorie der Elasticität der festen Körpern und des Lichtäthers.* — H. Poincaré. *Théorie mathématique de la Lumière.*

nombre différent d'hypothèses : celle qui invoque le moins d'hypothèses est, à coup sûr, la meilleure.

Enfin, et c'est le point essentiel lorsque deux théories sont également étendues, qu'elles invoquent sensiblement le même nombre d'hypothèses, la nature même de ces hypothèses peut encore fournir un motif plausible pour choisir entre elles ; les hypothèses sur lesquelles repose une des théories peuvent être plus simples, plus naturelles, traduire plus immédiatement les données de l'expérience que celles sur lesquelles repose l'autre théorie.

Ainsi, la théorie de la double réfraction imaginée par Lamé repose sur ces deux hypothèses :

Dans chaque direction, le milieu propage deux ondes ;

A chacune de ces ondes correspond une direction de vibration située dans l'onde.

Le sens de ces hypothèses est très clair ; nous voyons immédiatement quelles sont les lois physiques, généralisées il est vrai, mais non dissimulées, qu'elles représentent. La théorie de Cauchy, au contraire, fait sur la nature de l'éther des hypothèses dont le sens physique nous échappe, dont la vérification expérimentale directe nous manque. Nous devons raisonnablement préférer la théorie de Lamé à celle de Cauchy.

Ainsi, en affirmant que la Physique Mathématique n'est pas l'explication du monde matériel, mais une simple représentation des lois découvertes par l'expérience, nous évitons l'obligation de déclarer vraie, pour chaque ordre de phénomènes, une théorie à l'exclusion de toute autre. Mais nous ne sommes pas condamnés pour cela à adopter toutes les théories, logiquement constituées, d'un même ensemble de lois : nous avons, pour choisir entre elles, des règles très sûres, qui, bien souvent, nous permettront de préférer raisonnablement l'une d'entre elles à toutes les autres.

§ 9. *Du rôle que les mathématiques et l'expérience doivent jouer dans la constitution d'une théorie physique.*

Une théorie physique est une représentation systématique d'un ensemble de lois expérimentales ; elle prend pour point de départ des hypothèses choisies de manière à représenter certaines de ces lois ; elle les combine par le raisonnement mathématique pour en tirer des conclusions qu'elle soumet au contrôle de l'expérience.

L'expérience fournit donc la matière des définitions et des hypothèses sur lesquelles repose toute théorie ; tout résultat de la théorie doit être une loi d'expérience ; l'analyse mathématique est l'instrument qui met la matière en œuvre pour en tirer les résultats. Cette règle très simple fixe les rapports que doivent garder entre elles, dans la construction d'une théorie, la méthode mathématique et la méthode expérimentale.

Les règles les plus simples sont souvent celles que l'on viole le plus volontiers ; ainsi en est-il de celle que nous venons d'énoncer ; peu la respectent : les uns exagèrent le rôle de la méthode expérimentale, les autres la part de l'analyse mathématique.

Pour les uns, la physique doit être exclusivement étudiée par la méthode expérimentale ; et, par là, ils n'entendent pas énoncer cette vérité incontestable que toute recherche physique a l'expérience pour point de départ et pour point d'arrivée ; ils entendent bannir l'emploi, dans l'étude de la physique, de l'instrument mathématique ; c'est un instrument inutile et dangereux ; il ne découvre rien ou ne démontre que des erreurs ; à ceux qui le manient, on doit refuser le titre de physiciens, le droit d'enseigner la physique ; le fait seul, le fait brutal et isolé, doit être constaté, enseigné, reproduit ; toute idée, par cela même qu'elle est une idée, est fausse et condamnable.

Nous ne nous attarderons pas à discuter cette doc-

trine qui fait d'un instrument enregistreur le physicien idéal.

Aussi bien, parmi ceux qui professent cette doctrine, il en est peu qui y conforment pleinement leurs écrits ou leur enseignement ; ils font usage des mathématiques ; mais ils ne veulent se servir que de certaines branches de l'analyse ; il est d'autres branches qu'ils trouvent trop élevées et que, dès lors, ils regardent comme inutiles ; lorsqu'une définition leur semble trop minutieuse, une démonstration trop difficile, un calcul trop long, ils déclarent que la physique peut s'en passer et les rejettent.

Comment peindre l'état de confusion où ces doctrines illogiques ont plongé l'étude des phénomènes naturels ? Pour éviter les longues et délicates définitions, on emploie à chaque instant des grandeurs que l'on n'a pas suffisamment définies ; pour fuir la complication d'un raisonnement précis, les intégrales qui chargeraient un calcul juste, on se contente d'à peu près ; on masque les difficultés ; on les tourne par des faux-fuyants ; parfois, ce sont de véritables jeux de mots, facilités par l'absence de définitions précises, qui servent à construire une théorie ; l'esprit, égaré par ces tours de passe-passe, perd la notion des méthodes rationnelles, ou bien, s'il la conserve, il abandonne avec dégoût l'étude théorique des phénomènes naturels pour se réfugier dans les travaux de pure observation, comme la chimie et l'histoire naturelle, ou dans les recherches de pure logique, comme les mathématiques abstraites. C'est un phénomène qu'ont pu constater tous ceux qui ont observé l'effet produit par l'enseignement de la physique sur l'intelligence des élèves auxquels il s'adresse.

L'instrument mathématique est nécessaire à l'étude de la physique et le physicien doit être capable d'employer, lorsqu'il le faut, toutes les pièces de cet instrument. Si une théorie fait appel à des considérations analytiques élevées et compliquées, il peut être bon de ne la pas exposer devant un auditoire trop peu instruit ; mais il serait illogique de

lui reprocher la complexité de l'appareil qui sert à la construire, à moins qu'à cet appareil on n'en puisse substituer un autre qui soit aussi solide et d'un maniement plus facile.

Les mathématiques sont donc l'instrument nécessaire à la construction de toute théorie physique ; mais elles ne sont qu'un moyen et non pas un but ; c'est un principe que l'on ne doit jamais perdre de vue, si l'on veut éviter les abus de la Physique Mathématique.

Des définitions et des hypothèses qui servent de point de départ à une théorie doivent sortir les équations fondamentales de cette théorie ; l'analyse mathématique procèdera avec grand soin à cette mise en équation, précisant les conditions, les restrictions auxquelles elle est soumise.

Les relations qui font dépendre les unes des autres les lois auxquelles s'applique la théorie, s'expriment par les propriétés générales des équations ainsi établies ; l'analyse mathématique démontrera avec la dernière rigueur les théorèmes qui énoncent ces propriétés et en délimitera exactement la portée.

Les conséquences de la théorie doivent être soumises au contrôle de l'expérience ; la théorie introduit, en général, la considération de quantités, propres à chaque corps, dont la valeur doit être déterminée par des mesures ; l'analyse mathématique discutera jusque dans les derniers détails les problèmes particuliers qui justifient les expériences de contrôle, ou qui servent à instituer les méthodes de mesure.

Mais, si l'analyse mathématique s'attache à démontrer des théorèmes généraux, bien que ces théorèmes ne servent point à établir de lien entre des lois expérimentales ; si elle épuise ses efforts à résoudre des problèmes particuliers sans usage pour l'expérimentateur, elle oublie que, dans l'étude de la physique, elle ne doit être qu'un instrument ; en se proposant pour but au théoricien, elle excède son rôle.

Ce n'est pas que les efforts ainsi provoqués soient toujours perdus ; en perfectionnant et compliquant un instrument plus que ne l'exigent les usages auxquels il est destiné, il peut arriver qu'on le rende propre à d'autres usages. Aussi, les théorèmes que l'analyste déduit de certaines équations de la Physique Mathématique, inutiles peut-être pour la théorie qui a fourni ces équations, peuvent jeter un grand jour sur une autre théorie.

La Mécanique céleste, par exemple, conduit à l'étude des fonctions harmoniques ; les géomètres ont découvert à ces fonctions une foule de propriétés qui n'ont aucun emploi en Mécanique céleste ; mais ces propriétés sont d'un usage continuel dans les théories de la Chaleur, de l'Électricité, du Magnétisme.

D'ailleurs, les développements analytiques d'une théorie physique peuvent, à défaut d'application, posséder cette beauté qui donnerait une raison d'être aux mathématiques lors même qu'on les supposerait inutiles. Celui qui, perfectionnant un outil, dépasse les exigences de l'utile au point d'atteindre au beau et d'enfanter une œuvre d'art, n'a certes pas perdu son temps et ses efforts.

Mais si l'on doit admirer ceux qui, des équations d'une théorie physique, déduisent des théorèmes propres à éclairer une autre théorie ; ceux aussi qui en tirent un beau système analytique ; on ne peut que condamner ceux pour qui la physique est un prétexte à faire des calculs sans utilité comme sans beauté : l'habileté de leurs artifices, la complexité de leurs combinaisons, la subtilité de leurs intuitions peuvent étonner un instant ; mais on se détourne ensuite de leurs recherches avec ce sentiment de regret qu'inspire tout effort perdu ; ceux-là sont des mécaniciens qui auraient pu construire une machine utile et qui n'ont inventé qu'un automate curieux.

§ 10. *En quoi la physique théorique est utile.*

Nous avons vu quelle était la nature de la physique théorique ; quelle signification philosophique il convenait d'attribuer à ses résultats ; dans quelle proportion l'expérience et l'analyse mathématique devaient s'associer pour la constituer ; il nous reste à marquer d'une manière précise de quel genre d'utilité est l'étude de cette science.

Le but de la physique théorique est de relier entre elles, de classer les connaissances acquises par la méthode expérimentale. Sans le lien systématique que la spéculation établit entre elles, les lois données par l'expérience forment un amas confus et inextricable. L'esprit humain a besoin d'un fil qui le guide dans ce dédale ; la théorie le lui fournit.

La théorie est donc destinée à coordonner les lois découvertes par l'expérience ; elle n'est pas destinée à faire découvrir de nouvelles lois.

Il est parfois arrivé au théoricien de prédire, comme conséquence de ses déductions, une loi expérimentale qui n'avait pas encore été reconnue par l'observation ; les découvertes de ce genre frappent vivement l'esprit, mais elles sont rares ; la plupart des découvertes expérimentales sont dues, comme de juste, à la méthode expérimentale. Beaucoup de physiciens reprochent à la théorie le petit nombre des faits nouveaux qu'elle a annoncés ; une plus exacte connaissance du domaine propre à chaque ordre de recherches les conduirait à admirer ces prédictions : ce sont les preuves de la fécondité d'une méthode donnant au delà de ce qu'on doit exiger d'elle.

Si la théorie n'a pas pour objet de faire découvrir de nouvelles lois expérimentales, encore moins a-t-elle pour objet de produire des inventions utiles dans la pratique. Les spéculations de la théorie, les recherches expérimentales, les applications pratiques sont trois domaines dis-

tincts qu'il importe de ne pas confondre; ceux qui explorent un de ces domaines ne sont pas tenus de faire des découvertes dans les autres.

Mais si ces domaines sont distincts, ils ne sont pas indépendants; la connaissance de chacun d'eux aide à la connaissance des autres; entre les explorateurs de ces différents domaines doit s'établir un continuel échange de questions et de renseignements.

Les besoins de l'application suggèrent à l'expérimentateur des phénomènes à observer, des lois à établir; les lois établies par l'expérimentateur fournissent à l'ingénieur des données qui lui permettent de modifier, de perfectionner ses inventions; de là une continuelle influence de la science appliquée sur la science expérimentale et de la science expérimentale sur la science appliquée.

Ces lois, auxquelles est parvenu l'expérimentateur, sont la matière sur laquelle travaille le théoricien; il les classe, les résume en un petit nombre de propositions qui permettent à l'esprit de les voir d'ensemble, d'en saisir les relations; et lorsque les efforts du théoricien ont ainsi condensé un grand nombre de lois en un petit nombre de symboles simples, clairs, faciles à manier, l'expérimentateur aperçoit nettement, dans chaque partie de la physique, ce qui est fait et ce qui reste à faire; l'ingénieur, embrassant d'un coup d'œil les lois innombrables découvertes par l'observation, peut vite et sûrement saisir celles qui lui seront utiles. Certes, ceux qui ont fait faire, dans ces dernières années, de si grands progrès à l'industrie électrique ne sont pas ceux qui ont créé la théorie de l'électricité. Mais si les Paccinoti, les Gramme, les Siemens, les Edison, ont pu manier le courant électrique et l'asservir à l'industrie humaine, c'est parce qu'Ampère, Faraday, Ohm, Kirchhoff, Neumann, Weber, l'avaient asservi à l'intelligence humaine et avaient appris aux physiciens à manier les lois auxquelles ce courant obéit.

Reconnaissons donc « qu'il n'est pas inutile de tâcher

de réunir les faits sous un même point de vue, en les rattachant à un petit nombre de principes généraux. C'est le moyen de saisir plus aisément les lois, et je pense que les efforts de ce genre peuvent contribuer, autant que les observations mêmes, à l'avancement de la science » (1).

P. DUHEM.

(1) Fresnel. *Œuvres*, t. I, p. 484.

LES

AXOLOTLS ET LEUR MÉTAMORPHOSE

CUVIER. *Rech. anat. sur les rept. regardés encore comme douteux par les natur., faites à l'occasion de l'axolotl rapporté par M. de Humboldt du Mexique.* Voy. de Humboldt et Bonpland, 2e part., 1er vol., p. 93.

A. DUMÉRIL. *Observat. sur la reproduct. dans la Ménag. des Rept. du Mus. d'Hist. Nat. des axolotls (Batr. urodèles à branch. extér.) du Mexique, sur leur développement et sur leurs métam.* NOUV. ARCH. DU MUS., II, pp. 265-292. — Cfr COMPTES REND., LX, pp. 765-767; LXI, pp. 775-778; LXV, pp. 242-246; NOUV. ARCH., III, pp. 119-130, pp. 189-192; ANN. DES SC. NAT. (ZOOL.), VII, pp. 229-254.

A. DUMÉRIL. *Création d'une race blanche d'axol. à la Ménag. des Rept. du Mus. d'Hist. Nat., et remarques sur la transformat. de ces batr.* COMPTES REND., LXX, pp. 782-785.

N. WAGNER, MEINERIT, PAGENSTECHER et GANINE. *Observat. sur la reproduct. parthénog. chez quelques larves d'ins. diptères.* ANN. DES SC. NAT. (ZOOL.), IV, pp. 259-291.

Dr A. WEISMANN. *Ueber die Umwandlung des mexicanischen Axolotl in ein Amblystoma.* ZEITSCHR. FÜR WISS. ZOOL. Suppl. Band, 1875.

J. VELASCO. *Descripcion, metamórfosis y costumbres de una especie nueva del género Siredon.* LA NATURALEZA, IV, pp. 209-236.

J. VELASCO. *Anotaciones y observaciones al trabajo del Sr A. Weismann, sobre la transformacion del ajolote Mexicano en amblistoma.* LA NATURALEZA, V, pp. 58-84.

Revue de Zool. et d'anat. REV. SCIENT., 3e sér., III, pp. 603-604.

En se promenant à la campagne au mois de mars ou d'avril, si l'on vient à jeter le regard sur les fossés ou sur de clairs ruisseaux au cours paisible, on y verra s'agiter des multitudes de petits points noirs prenant leurs ébats

dans tous les sens. Ce sont des têtards de grenouilles plus ou moins fraîchement sortis de l'œuf. La vivacité de leurs mouvements contraste avec leur apparence lourde et globuleuse. Cuvier aurait eu peut-être quelque peine à montrer chez eux la réalisation de son principe de la corrélation des organes, si évidente dans d'autres formes animales, dans celle du poisson par exemple, où tout concourt à fendre les eaux : le corps aplati, le museau effilé en pointe, le dos et le ventre aiguisés comme des couteaux. Les têtards, eux, sont des barques en forme de sphères auxquelles on a adapté comme unique moyen de propulsion un aviron flexible placé à l'arrière comme un gouvernail. Et cependant ils ne manquent pas d'agilité et savent parfaitement échapper à la poursuite de leurs ennemis par les mouvements sinueux qu'ils impriment à leur longue queue aplatie.

En les examinant au microscope, on voit un mince courant d'eau sortir du côté gauche de leur corps. Grâce à la présence de ce courant, on est amené à distinguer de ce côté une petite fente. C'est le seul signe extérieur qui témoigne chez eux de la présence des branchies. Deux ou trois jours après l'éclosion des œufs, les branchies sont très apparentes; elles forment des deux côtés de la tête deux panaches festonnés très élégants. Il est intéressant d'y observer à l'aide du microscope le courant saccadé du liquide sanguin chargé de globules, qui sont sphériques et non ovales comme ils le seront plus tard. Ces panaches diminuent bientôt de grandeur et se retirent à l'intérieur de corps. La fente branchiale droite disparaît même aussi et l'eau avalée par la bouche s'écoule par la fente gauche.

Quoique les têtards aient des branchies, ils ne se tiennent pas constamment sous l'eau comme les poissons. Ils montent très souvent à la surface, aspirent ou plutôt avalent de l'air, plongent de nouveau, et dans leur mouvement de descente laissent échapper par la bouche une

minuscule bulle d'air. Ces bulles n'éclatent pas, mais s'amassent à la surface et la recouvrent comme d'une écume.

Il est bien difficile de ne pas croire que ce ne soit là un commencement de respiration aérienne. Dès les premiers temps de leur existence, les têtards ont en effet, non seulement des branchies, mais aussi des poumons. La présence simultanée, à une certaine phase de leur développement, des deux appareils respiratoires branchial et pulmonaire, est même le caractère distinctif de la classe des *Amphibiens* à laquelle les grenouilles appartiennent, et qui est parfois appelée de leur nom *Batraciens*.

Mais tous les amphibiens ne se comportent pas de la même manière sous ce rapport. Les uns perdent leurs branchies à l'état adulte, ce sont les *caducibranches ;* les autres les conservent toute leur vie et sont *pérennibranches*.

Les crapauds, les grenouilles, les salamandres, les tritons sont caducibranches. A la même catégorie appartient encore une grande salamandre de vingt à vingt-cinq centimètres vivant aux État-Unis, l'*Amblystome*, nom plus correct que celui d'*Ambystome* employé concurremment avec le premier. Comme le témoigne leur nom, la bouche de ces animaux est ronde et émoussée.

Les pérennibranches sont représentés par le Protée aveugle des grottes de la Carniole, le Ménobranche dont le corps lourd et massif peut atteindre soixante centimètres, et la Sirène qui a perdu la paire postérieure de membres et s'allonge en arrière comme une anguille. A la différence des caducibranches, tous trois se reproduisent lorsqu'ils ont encore des branchies, et on ne les voit jamais se dépouiller de cet organe respiratoire.

Au commencement de ce siècle, de Humboldt envoya à Cuvier un être assez curieux originaire du Mexique, où il est connu sous le nom indien d'*Axolotl*. Il est parfois

d'un vert noirâtre, mais sa livrée est assez variable; il ressemble pour la forme du corps à un têtard de triton muni de ses quatre pattes, mais énormément plus grand, puisque sa taille peut atteindre vingt-cinq centimètres. Comme le têtard, il a une queue aplatie verticalement. Le têtard, lorsqu'il a ses quatre membres, a les branchies atrophiées; l'axolotl les a parfaitement développées, au nombre de trois de chaque côté. Il est donc complètement adapté à la vie aquatique, et l'adaptation est rendue plus manifeste encore par une nageoire membraneuse qui forme sur son dos une crête analogue à celle des tritons.

C'était un amphibien à coup sûr; mais était-ce un caducibranche ou un pérennibranche ? Les pérennibranches étaient des exceptions dans la nature ; trois familles seulement étaient connues comme telles : les protées, les ménobranches et les sirènes; toutes les autres familles étaient caducibranches. Un naturaliste mis en présence d'un amphibien à branchies sera donc toujours tenté de le considérer comme un têtard de caducibranche. Cuvier pencha également vers cette hypothèse et fut confirmé dans son opinion par un examen plus attentif de l'animal. Le squelette était encore cartilagineux, et de plus les organes de reproduction n'avaient pas encore atteint leur complet développement. Restait la taille, si supérieure à celle des têtards connus. Mais il existait une salamandre, le *Menopoma alleghanensis*, qui était aussi d'une taille considérable, et l'axolotl ne serait-il pas la larve du Ménopoma, dont l'histoire n'était pas alors parfaitement éclaircie?

Mais plus tard on trouva le têtard du Ménopoma; force fut alors à Cuvier de rapporter l'axolotl à quelque salamandre encore inconnue.

Un fait vint cependant bientôt ébranler l'hypothèse du grand naturaliste : des témoins l'assuraient que l'axolotl ne perdait jamais ses branchies. Aussi en 1825, dans son

Règne animal, Cuvier rangea l'axolotl au nombre des pérennibranches, avec quelque indécision toutefois et uniquement sur la foi de témoignages qu'il avait peine à récuser.

Pendant un demi-siècle, ce fut un conflit d'opinions sur la position à assigner à l'axolotl. D'après Rusconi, Mayer, Latreille, Gray, c'était un têtard. Au contraire, Barton, Tschudi, Hogg, Calori, Everard Home le tenaient pour un pérennibranche adulte. Gravenhorst n'osait se prononcer.

Baird, qui s'était d'abord rallié à la première opinion, se rétracta dès qu'il eut vu le travail où Everard Home montrait dans l'axolotl des organes génitaux parfaitement constitués. Si l'axolotl était capable de se reproduire, ce n'était plus un têtard mais un adulte, et dès lors un pérennibranche. Müller, lui aussi, croyait que l'aptitude à la génération tranchait la question : un animal apte à se reproduire est adulte, un animal adulte ne change plus de forme. L'axolotl possédait une respiration branchiale lorsqu'il se reproduisait, il la conserverait donc toute sa vie et mourrait pérennibranche.

Les Mexicains, pendant ce temps, se contentaient de savourer les axolotls qui arrivent par milliers au marché de Mexico. La chair de ces animaux est très estimée ; on la donne surtout aux enfants malades, et elle est même censée posséder des propriétés médicinales. Quant à une transformation possible de l'axolotl, les habitants de la ville de Mexico n'y avaient jamais pensé, et probablement un bien petit nombre d'entre eux avaient entendu parler des disputes qui avaient surgi en Europe sur la nature de leur mets national.

Peut-être fut-ce en réciprocité des bons offices de Napoléon III envers le pays des Aztèques, et en reconnaissance du sang versé par les soldats français, que le Mexique se résolut à partager les richesses de sa faune avec la

France. Toujours est-il qu'à la fin de 1863, le Ministre des affaires étrangères reçut des axolotls, et n'ayant dans son hôtel aucun musée destiné à remiser ce genre de cadeaux, il les transmit au Jardin zoologique d'acclimatation du bois de Boulogne. Le directeur du jardin, M. Rufz de Lavison, n'oublia pas le Muséum et eut la gracieuseté d'envoyer, en janvier 1864, six spécimens de ces intéressants amphibiens à la Ménagerie des reptiles qui était sous la direction de Duméril. Ce fut sans mauvaise intention, je suppose, que le partage entre les deux sexes se trouva très inégal : les animaux transmis à Duméril comptaient cinq mâles et une femelle. On n'aurait guère pu diminuer davantage la part faite au sexe éminemment reproducteur.

Heureusement les gens consultés autrefois par Cuvier étaient bien informés. Malgré leur apparence larvaire, les axolotls sont parfaitement aptes à se reproduire. Vers la fin de décembre 1864 et surtout au commencement de janvier 1865, la femelle montra par les proportions qu'elle prit que les ovules approchaient de leur maturité. Les mâles, d'un autre côté, abandonnaient dans l'eau des grumeaux, et ces grumeaux examinés au microscope présentaient de nombreux spermatozoïdes en forme de filaments et portant sur une grande partie de leur longueur une crête membraneuse fort ondulée. Les spermatozoïdes étaient pleins de vitalité ; en oscillation continuelle, ils se portaient de côté et d'autre, grâce surtout aux inflexions diverses que prenait la crête membraneuse.

Enfin, le 19 janvier, une première ponte eut lieu, suivie d'une seconde au mois de mars.

Duméril ne parle pas de ses impressions pendant ces premiers temps. Mais, à l'étonnement qu'il éprouva ensuite, il ne serait pas téméraire de préjuger ce qu'il aurait répondu à un visiteur qui l'aurait interrogé sur la question soulevée par son prédécesseur au Muséum. Les doutes de Cuvier lui auraient paru résolus ; il se serait

prononcé en faveur de la pérennibranchité des axolotls et il ne les aurait plus rangés au nombre des reptiles douteux.

Aussi ne donna-t-il à la nouvelle progéniture que le degré d'attention accordé par tout directeur d'une ménagerie aux êtres exotiques qu'il conserve dans ses aquariums.

Les œufs passèrent donc par les premières étapes de l'évolution. Les petits se dégagèrent de leur enveloppe glaireuse, se mirent à frétiller, gagnèrent peu à peu leurs deux paires de membres, et au mois de septembre, les quarante-cinq survivants ressemblaient, à une petite différence de taille près, à leurs parents : trois paires de grandes branchies de chaque côté, une longue nageoire dorsale, une nageoire caudale bien prononcée.

Quelque distraite que soit l'attention, il est cependant des phénomènes étranges qui ne peuvent manquer de la fixer. Ce fut le cas pour Duméril. Au mois de septembre, il remarqua qu'un des axolotls présentait une apparence singulière. Il ne restait plus que des traces de branchies ; la crête dorsale et la nageoire caudale avaient disparu. Une véritable salamandre terrestre avait succédé à un têtard aquatique.

On remarqua bientôt qu'un second animal avait passé par le même changement de conditions. L'attention ainsi éveillée, Duméril vit, le 10 octobre, qu'un troisième axolotl semblait entrer dans la phase critique. Il l'isole, le surveille et peut juger maintenant du temps exigé pour une transformation si radicale : seize jours suffisent.

Si le fait, au lieu de se passer dans un aquarium de Paris, avait eu lieu aux époques géologiques, il serait curieux de savoir combien de siècles les paléontologistes défenseurs de l'évolution par degrés insensibles auraient exigé pour faire disparaître des branchies et des nageoires si proéminentes.

Neuf axolotls se transformèrent : six de la première

ponte, trois de la seconde. Les autres conservèrent le type de leurs parents ; mais leur caractère larvaire maintenant manifeste ne les empêcha pas de se reproduire et de montrer une fécondité remarquable : deux ans après, Duméril accusait plus de 800 naissances d'axolotls dans ses aquariums. Quant aux parents, le 10 juillet 1867, date de l'article écrit par Duméril dans *les Annales des sciences naturelles*, ils n'avaient subi, quoique âgés déjà de plus de trois ans, d'autre modification qu'un accroissement de taille.

La mortalité avait été grande au début. Le tout n'est pas d'avoir des animaux intéressants, il faut savoir les nourrir, et les Mexicains ne pouvaient guère fournir de renseignements sur ce point. Ils se contentaient de pêcher les axolotls et laissaient à la nature toujours bienfaisante le soin de pourvoir à l'alimentation de leur amphibien préféré.

Enfin Duméril trouva une nourriture appropriée au goût des hôtes de son aquarium. Des daphnies, petits crustacés gros comme une tête d'épingle, excitèrent leur avidité, et par bonheur le directeur de la ménagerie des reptiles trouva moyen de compenser par le nombre l'exiguïté de la proie qu'il leur fournissait.

Le hasard avait favorisé le savant ; car on peut bien appeler hasard la chance de trouver, sur quarante-cinq individus, neuf propres à la transformation, quand les trente-six autres ne font que continuer l'histoire de leurs parents. Cette proportion de neuf sur quarante-cinq était même plus favorable encore qu'elle ne le paraissait. Duméril partagea plus tard une partie de son trésor avec des savants d'autres pays ; parmi ceux qui se mirent à cultiver les axolotls, la plupart ne purent jamais se vanter d'en avoir vu un seul se transformer. Von Kölliker de Wurzbourg, après des essais multipliés sur des centaines de jeunes, put se consoler en assistant une fois à la transformation. En 1870, Duméril donnait la somme totale

des cas heureux qui s'étaient produits au Muséum : elle montait à 29, et cependant, en 1867, plus de 800 axolotls avaient déjà vu le jour dans ses aquariums.

Le savant français rapporta la forme adulte nouvelle au genre *Amblystome* dont nous avons déjà parlé. Il se fonda surtout, dans sa détermination, sur la disposition des dents vomériennes. Les batraciens n'ont pas seulement des dents sur les mâchoires, comme l'homme; ils en ont aussi d'implantées sur deux os du palais, les vomers. Dans l'axolotl transformé, les dents vomériennes, au lieu de former deux rangées disposées en V comme c'est le cas habituel, sont placées à peu près sur une seule rangée transversale. Or cette disposition ne se retrouve que chez les amblystomes.

Quelle était la cause de la transformation des axolotls en amblystomes ? Pouvait-on provoquer artificiellement la métamorphose ? Duméril n'aurait pas été un savant s'il n'avait pas cherché à résoudre cette question. Il tenta une expérience radicale. Peut-être les axolotls avaient-ils besoin de respirer hors de l'eau pour passer à l'état d'amblystomes; et un signe de cette tendance à vivre en dehors de l'élément aqueux ne se trouvait-il pas dans ces fréquentes ascensions qu'ils faisaient à la surface, aspirant de l'air et le rejetant sous la forme d'une petite bulle, comme le font les têtards de grenouilles? Duméril fit donc construire au-dessus du niveau de l'eau de l'aquarium un petit réduit humide où les axolotls, s'ils en avaient quelque envie, pouvaient aborder grâce à une planche inclinée qui leur servirait de pont. Aucun des animaux ne songea à profiter de cette faveur. Peut-être n'étaient-ils pas assez ingénieux pour reconnaître le passage qu'on leur ouvrait. On en prit donc quelques-uns et on les plaça dans leur nouvelle habitation : on ne tarda pas à les en retirer, car ils allaient expier de leur vie le changement de milieu.

Duméril dit qu'il aurait pu transférer dans le milieu aérien quelques-uns des individus chez qui on surprenait

déjà des velléités de transformation. Mais il renonça à cette idée, parce que l'expérience, même dans le cas de réussite, n'aurait pas démontré que le changement de milieu provoquait la transformation ; tout au plus aurait-on pu conclure qu'il en favorisait l'entier développement, lorsqu'elle avait déjà reçu un commencement d'exécution.

Un autre problème restait à résoudre. Les amblystomes issus des axolotls étaient-ils féconds? On plaça ensemble des individus des deux sexes; les femelles ne prirent jamais une extension de volume qui permît de conclure qu'elles étaient sur le point de pondre. On mit aussi dans le même aquarium des mâles d'amblystomes avec les femelles si fécondes des axolotls. Le résultat fut nul. On sacrifia ensuite quelques animaux transformés, dans le but d'examiner leurs organes génitaux. Les ovaires furent trouvés à un stade peu avancé. Chez les mâles, on vit des spermatozoïdes; ils avaient même un léger mouvement d'oscillation, au rapport de M. de Quatrefages, à qui Duméril avait confié le soin de les observer, mais pas de membrane plissée comme chez les spermatozoïdes d'axolotls, ni aucun de ces mouvements de translation qui semblent dépendre de la présence de cette membrane.

Duméril fit cette communication cinq ans après la première apparition des amblystomes, et il en conclut que l'axolotl reste toujours une énigme scientifique. Véritable énigme en effet; car ce singulier amphibien semblait avoir deux états définitifs, l'un de pérennibranche, l'autre de caducibranche; et tandis que, chez les autres caducibranches, la disparition des branchies était le signe de l'état adulte et coïncidait avec la maturité sexuelle, ici au contraire elle paraissait entraver le développement des organes génitaux. Ou plutôt disons que la fécondité était un obstacle à la transformation, puisque jamais la forme amblystome n'apparaissait chez une femelle qui avait déjà pondu. La métamorphose était aussi le privilège du jeune âge et ne s'était pas manifestée après la première année.

Duméril n'avait pas réussi à provoquer la transformation en fournissant aux axolotls la faculté de respirer à l'air libre. Un autre moyen, très violent en apparence, se montra plus efficace.

Si on privait les axolotls de leurs branchies, il semble qu'ils seraient bien obligés de mettre davantage en œuvre leurs poumons. Mais exciser un organe aussi vasculaire qu'une branchie, n'était-ce point s'exposer à une hémorragie mortelle; et puis, comment l'animal suffirait-il aux besoins de la respiration jusqu'au moment où il se serait accoutumé à la perte d'un organe aussi essentiel? Deux phénomènes bien inattendus survinrent. Pas d'hémorragie sérieuse après l'excision, et les branchies mutilées se mirent à repousser. Coupées de nouveau, elles poussèrent derechef. Et il fallut quatre ou cinq excisions successives pour vaincre cette force de reproduction. Fait plus curieux encore : les axolotls se montraient aussi indifférents à l'ablation de leurs branchies qu'un mammifère qu'on dépouille d'une partie de ses poils. Aussi Duméril, qui s'y prenait au début avec quelque précaution, coupant alternativement à droite et à gauche, n'hésitait plus ensuite à exciser simultanément les branchies des deux côtés.

Le résultat fut que, sur six axolotls privés de leurs branchies, deux se transformèrent. Proportion beaucoup plus forte que pour les axolotls demeurés intacts, et qui semblait une indication que la transformation dépendait en une certaine mesure du besoin où se trouvait l'animal de s'accommoder aux nouvelles conditions de la fonction respiratoire.

Duméril communiquait ses dernières recherches à l'Académie le 11 avril 1870. Il mourait le 12 novembre, laissant son œuvre inachevée.

On la reprit en Allemagne. Nous avons vu le résultat peu satisfaisant obtenu par le professeur von Kölliker à Wurtzbourg : un seul individu transformé sur des

centaines d'axolotls. Von Kölliker envoya quelques spécimens à son collègue de Fribourg-en-Brisgau, A. Weismann. Soit défaut de zèle chez l'expérimentateur, soit manque de bonne volonté chez les sujets, toujours est-il que Weismann, moins heureux encore que von Kölliker, ne vit pas même un seul amblystome dans ses aquariums.

En 1874, il eut l'heureuse idée de confier ses nourrissons à des mains féminines. Mlle von Chauvin s'était déjà distinguée par l'habileté qu'elle avait déployée dans ses recherches sur des insectes; ses succès n'allaient pas être moindres dans sa nouvelle entreprise.

Douze têtards lui furent confiés; sept périrent presque immédiatement. Elle ne se découragea pas et s'attacha à bien observer les mœurs des cinq restants.

Son expérience débuta le 12 juin 1874; les cinq têtards avaient à peu près huit jours. C'étaient alors de petites masses grossièrement fusiformes, munies d'une queue, mais sans membres. A la fin de juin, les membres antérieurs firent leur apparition; le 9 juillet, ce fut le tour des membres postérieurs.

A la fin de novembre, elle remarqua qu'un des axolotls restait constamment à la surface du liquide, probablement pour y respirer l'air libre. Elle crut alors que le temps était venu de tenter les expériences de transformation. Le 1er décembre, elle déposa l'axolotl dans un bassin incliné; le fond seul était rempli d'assez d'eau pour que l'animal pût s'y immerger tout entier. Une couche de sable tapissée de mousse humide couvrait la partie supérieure du bassin.

L'axolotl semblait très bien s'accommoder de ce régime; il sortait même de temps en temps de l'eau pour vivre en plein air. On diminua par degrés la profondeur de la petite masse d'eau qui occupait la partie la plus déclive du bassin. Les branchies commencèrent à s'atrophier et, le 4 décembre, branchies, crête dorsale, nageoire caudale, tout ce qui rappelait la vie aquatique avait disparu. Il

restait une fente sur les côtés, mais cette fente disparut après huit jours.

Un autre axolotl fut un peu plus tardif, mais accomplit également sa transformation.

Un troisième et un quatrième se montrèrent moins pressés encore; toutefois ils finirent par suivre l'exemple de leurs compagnons.

Le cinquième coûta plus de soucis. C'eût été cependant regrettable de devoir constater une exception après un succès si remarquable. Mlle von Chauvin, ne réussissant pas par les moyens de douceur, tenta de violenter le petit rebelle. Elle le mit de force hors de l'eau, mais le pauvre animal commença à languir, et tout annonçait une catastrophe si on voulait trop le brusquer. Elle le remit dans l'eau, et sa santé commença à se rétablir; quand il eut regagné quelque force, l'expérimentation fut reprise. Cette fois il montra meilleure grâce et finit enfin par revêtir la forme d'amblystome.

Nous avons vu les efforts faits par Duméril pour obtenir la reproduction chez les amblystomes du Muséum. C'était à un de ses successeurs qu'était réservé le plaisir de constater la ponte des animaux métamorphosés.

Le 27 mars 1876, M. Blanchard annonçait à l'Académie des sciences que M. Vaillant, récemment chargé de la Ménagerie des reptiles, avait obtenu des œufs d'amblystomes. Les installations de la Ménagerie avaient été améliorées en 1874, et les amblystomes pouvaient plus librement suivre le genre de vie qui leur est naturel. Les œufs suivirent la même évolution que ceux des axolotls; après dix mois, les quarante têtards ne se distinguaient guère de ceux qui provenaient d'animaux à branchies; un seul s'était transformé en amblystome. La proportion était moindre que celle constatée par Duméril sur les têtards ordinaires.

L'avantage en faveur des têtards ordinaires se maintint

dans des expériences comparatives faites plus tard par M. Vaillant. Il plaça les têtards nés d'amblystomes, les uns dans un aquarium ordinaire, les autres dans un bassin où la hauteur du liquide ne dépassait pas trois à quatre centimètres, et qui de plus était relié par un terre-plein avec une terrasse émergeant hors de l'eau. Les têtards de cette seconde série pouvaient donc sortir du liquide quand ils le désiraient. C'était, comme on le voit, la répétition de ce qu'avait déjà tenté Duméril et de ce qui avait si bien réussi à Mlle von Chauvin.

Il divisa aussi un nombre à peu près égal de têtards nés d'axolotls en deux séries placées respectivement dans les mêmes conditions que les têtards d'amblystomes.

Voici les résultats obtenus :

Ponte des amblystomes.

	Amblystomes	Axolotls	Morts
1re série.	1	16	3
2e série.	2	14	4

Ponte des axolotls.

	Amblystomes	Axolotls	Morts
1re série.	2	4	10
2e série.	1		11

Dans cette expérience, les têtards nés d'amblystomes se montrent doués de plus de vitalité que les autres, mais semblent avoir moins de disposition à se transformer. Résultat tout contraire à celui qu'on aurait attendu.

Les études sur la transformation des axolotls étaient poursuivies en Europe avec grande activité. Mais on ne

pouvait observer que des animaux en captivité. On aurait désiré savoir comment ils se comportaient en liberté dans leur pays d'origine, l'Amérique du Nord.

L'amblystome était parfaitement connu dans certaines régions aux altitudes peu élevées. Déjà en 1858, Hallowell distinguait seize espèces appartenant à ce genre. Mais l'histoire de leur développement était imparfaitement étudiée, et certainement on ne soupçonnait pas que leurs têtards, quels qu'ils pussent être, fussent doués de la faculté de se reproduire. Au Mexique, au contraire, la seule forme connue des savants était l'axolotl à branchies.

La découverte de Duméril avait cependant franchi l'Atlantique. Les savants américains éprouvèrent bien, je crois, un léger sentiment de pudeur d'avoir été devancés par un savant français dans l'observation des phénomènes singuliers que présentait un animal originaire de leur propre pays. Peut-être un reste de dépit diminua-t-il leur ardeur. Peu après les premiers travaux de Duméril, ils reconnurent l'amblystome de Paris dans une espèce particulière, l'*Amblystoma mavortium*, qui a une aire assez étendue, puisqu'il habite la Californie, le Nouveau-Mexique, le Texas, le Kansas, le Nebraska et le Minnesotah. Mais ce n'est guère que dix à douze ans plus tard que les données commencent à s'éclaircir. Nous apprenons alors que les lacs des hauts plateaux des Montagnes Rocheuses dans les États de Colorado, Utah et Wyoming, à des altitudes variant entre 4000 et 8000 pieds au-dessus du niveau de la mer, sont peuplés d'axolotls à branchies. A certaines époques, nombre de ces animaux s'échappent de l'eau et se transforment. Mais des multitudes de sirédons, c'est là leur nom scientifique, restent dans les lacs sans se transformer et prolifient. La transformation ne semble donc soumise à aucune loi ; elle paraît livrée au caprice individuel et dépendre de conditions tout à fait inconnues.

Les savants du Mexique eurent encore plus de peine à s'ébranler. Et même c'est à un artiste, et non à un savant,

que nous sommes redevables de données précises sur es métamorphoses de notre amphibien. M. José Velasco est peintre paysagiste ; ses études l'appellent souvent à parcourir la contrée pittoresque qui entoure la ville de Mexico. Le nom de Duméril était venu à ses oreilles, et il se demanda si l'axolotl, cet aborigène du Mexique, avait réservé pour la France une page de son histoire.

Il existe, à une lieue et demie de Mexico, un petit lac, le lac de Santa Isabel, qui grossit avec les pluies, mais se dessèche tous les ans depuis le mois de février jusqu'au mois de mai. Ses eaux renferment des axolotls. Or en interrogeant les paysans, M. Velasco parvint à savoir qu'à l'époque où les eaux commencent à baisser, on trouvait cachées sous des pierres dans le voisinage du lac de grandes salamandres, appelées par les habitants *ajolotes pelones* (axolotls tondus ras), ou *mochos* (sans oreilles), ou *sin aretes* (sans pendants d'oreilles). Il ne fut pas difficile de les reconnaître pour des amblystomes.

La coïncidence entre l'apparition des amblystomes et le dessèchement du lac était déjà une preuve presque péremptoire de la transformation des axolotls qui avaient dû renoncer à leur vie aquatique. Le doute ne fut plus permis lorsque les pêcheurs rapportèrent du lac soixante-dix individus de toutes les tailles et à tous les stades, depuis de tout petits jusqu'à des adultes en voie de transformation et même complètement métamorphosés. Parmi eux se trouvaient deux femelles de la forme amblystome qui semblaient bien près de pondre.

Mais ce n'était pas de ce lac que provenaient les nombreux axolotls qui paraissaient aux étalages de Mexico. Ceux-ci étaient pêchés dans le lac de Xochimilco, qui a huit mètres de profondeur, tandis que celui de Santa Isabel n'en a que deux. Aussi ne se dessèche-t-il jamais.

M. Velasco, en lisant son mémoire le 28 décembre 1878 devant la *Societad Mexicana de Historia Natural*, avouait qu'il n'avait jamais vu d'axolotls sans branchies à Mexico

et qu'il n'avait jamais entendu dire qu'on en eût vus. Un de ses collègues, M. Villada, dans le désir d'obliger le directeur du *Smithsonian Institute* de Washington, lui avait expédié cinquante axolotls, pêchés dans le lac de Xochimilco; tous avaient leurs branchies parfaitement développées. Aussi à Mexico allait-on jusqu'à révoquer en doute l'authenticité des expériences de Duméril.

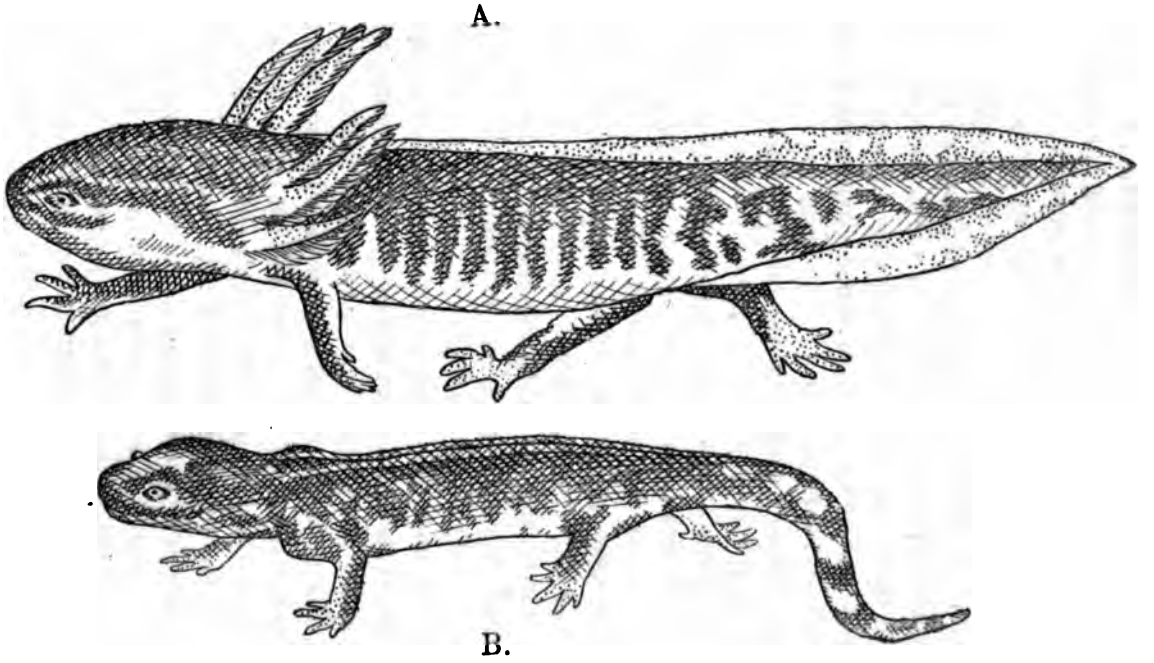
On arrivait donc à ce résultat. Un lac sujet à des dessèchements périodiques fournissait des amblystomes; au contraire, dans un lac qui ne se dessèche jamais, les axolotls conservaient leur forme aquatique.

Mais M. Velasco n'est pas fort porté vers l'évolutionnisme, et il lui répugnait d'admettre une influence si prépondérante du milieu sur les métamorphoses d'un être vivant.

En 1879, il eut la satisfaction de pouvoir présenter à ses confrères de la *Sociedad de Historia Natural* des amblystomes provenant des environs mêmes du lac de Xochimilco et d'autres lacs qui ne se trouvent pas dans les conditions spéciales du lac de Santa Isabel.

Le lac de Chalco, aussi bien que celui de Xochimilco, ne se dessèche jamais; celui de Zumpango ne perd ses eaux que dans des années tout à fait exceptionnelles. En dépit de cette circonstance, les amblystomes ne sont pas inconnus dans leur voisinage. On leur donne le nom mexicain de *tlalaxolotl* (axolotl de terre), ou bien aussi le nom espagnol de *ajolotes de cerro* (axolotls de colline), parce qu'on les rencontre dans les montagnes qui bornent la vallée de Mexico au sud et qui sont voisines des lacs de Chalco et de Xochimilco.

M. Velasco poursuivit également ses recherches sur le lac de Santa Isabel. Il organisa une pêche à la fin de février, au moment où le lac était presque à sec. Le filet ramena quarante individus tous transformés; chez quelques-uns la métamorphose avait dû débuter très tôt, car ils n'avaient que dix centimètres de longueur, la taille



A. Axolotl à branchies. — B. Axolotl transformé.

ordinaire des adultes, dans cette espèce, étant de vingt-deux à vingt-cinq centimètres. Aucun n'avait plus de vingt centimètres.

Il observa leurs mœurs et vit que, malgré l'absence de branchies, ils aimaient encore à rentrer dans l'eau et se tenaient au fond pendant un temps très considérable.

La manière dont le lac de Santa Isabel se repeuple est encore un mystère. Après le dessèchement, on n'y trouve plus d'axolotls ni vivants ni morts. D'un autre côté, M. Velasco n'a encore pu constater aucune ponte d'amblystome au Mexique. Au mois de mai 1880, aucun des 70 individus qu'il possédait depuis 1878 et qui s'étaient tous métamorphosés, ne s'était montré fécond ; M. Velasco était même obligé de recourir aux expériences de M. Vaillant pour prouver que les amblystomes n'étaient pas stériles.

Les lacs de Chalco et de Xochimilco ne présentent pas les mêmes difficultés. Après le départ des amblystomes, il y reste encore, comme dans les lacs des États-Unis, des légions d'axolotls non transformés qui fournissent abondamment à la multiplication de l'espèce.

En résumé, M. Velasco arrive à cette conclusion qu'au Mexique il existe incontestablement des axolotls transformés, mais que la transformation n'atteint pas également toutes les espèces et tous les individus. Certaines espèces se transforment plus aisément que d'autres ; les individus se métamorphosent les uns plus tôt, les autres plus tard ; d'autres enfin, au dire de l'observateur mexicain, meurent *prématurément* avant la transformation. Ce *prématurément* n'est pas sans une pointe de finesse. Si *prématurément* signifie qu'ils meurent avant de se transformer, rien de plus juste, mais c'est peut-être une tautologie. Si *prématurément* signifie qu'ils meurent avant l'âge ordinaire de la métamorphose, ce serait une affirmation bien aventureuse. Les expériences de Duméril attestent que la métamorphose, quand elle doit se produire, n'attend pas les années. M. Velasco parle lui-même, comme nous

l'avons vu, d'amblystomes ne dépassant pas dix centimètres et partant très jeunes. Il n'a jamais prétendu non plus que les axolotls que l'on vend à Mexico soient tous fraîchement éclos. En tout cas, on ne peut invoquer une mort prématurée pour les axolotls de Duméril, qui avaient fourni plusieurs générations d'amblystomes sans s'être transformés eux-mêmes après plus de trois ans.

Pour terminer l'histoire des axolotls, nous abandonnons le Mexique et nous revenons en Europe afin de signaler une expérience assez instructive de Mlle von Chauvin. Au lieu de forcer les amphibiens à respirer à l'air libre en diminuant la profondeur du liquide dans les bassins, elle utilise la propriété de l'eau bouillie de ne plus contenir d'oxigène en dissolution. On sait qu'un poisson plongé dans l'eau bouillie n'est pas dans de meilleures conditions pour la respiration que quand il est complètement à sec; il meurt également asphyxié.

Un axolotl qui avait déjà commencé sa transformation en amblystome fut placé dans de l'eau ordinaire; ses branchies commencèrent à reparaître, mais quand on le transféra dans l'eau bouillie, l'inverse eut lieu, les branchies s'atrophièrent et la conversion de l'axolotl en amblystome fut plus parfaite qu'auparavant.

La microscopie biologique a fait d'immenses progrès dans ce siècle; elle nous a révélé la structure de la cellule et nous a donné ainsi la clef de plusieurs problèmes importants laissés sans solution par les générations qui nous ont précédés; elle a même affirmé sa puissance sur le terrain thérapeutique en nous faisant connaître la cause et le mécanisme de certaines maladies contagieuses et en nous apprenant à les conjurer. Je ne me permettrai pas de comparer à ces grandes découvertes les recherches inaugurées par Duméril et continuées avec plus ou moins de bonheur par ceux que sa bonne fortune avait encoura-

gés à suivre ses traces. Mais je doute que, dans les investigations macroscopiques sur la faune actuelle, il se soit rencontré dans ce siècle un phénomène plus important pour ses conséquences que celui de la transformation des axolotls.

La conclusion spontanée, obvie, dirais-je, si le mot était consacré par le dictionnaire, des faits que nous avons retracés, c'est que l'histoire d'une espèce n'est pas une constante répétition d'elle-même. Les individus issus des mêmes parents ne sont pas astreints à évoluer de la même manière : les uns peuvent rester à un état considéré comme larvaire et se perpétuer ensuite sous cette forme; les autres peuvent passer à un stade plus élevé. L'incertitude qui les atteint frappe aussi leurs descendants, et le savant qui voit un jeune têtard d'axolotl ou d'amblystome prendre ses ébats dans son aquarium peut se poser une question devenue célèbre : Ce têtard, que croyez-vous qu'il devienne un jour ?

Que les générations successives puissent ne pas se ressembler, on le savait par les générations alternantes ; mais même dans les générations alternantes, la série se répète, et après cinq, six, sept générations, on recommence fatalement le même cycle. On sait ce qu'on doit attendre, on peut prévoir l'avenir. Les individus d'une même génération, s'ils offrent des divergences avec leurs parents et leurs descendants, se ressemblent au moins entre eux. Ici, l'inconstance se manifeste dans les membres d'une même génération, sans que rien dans leur organisation détermine fatalement leur sort futur.

Ces expériences ont aussi jeté un nouveau jour sur ce qu'il faut entendre par l'état adulte. Quand un être vivant subissait des métamorphoses, on s'était habitué à considérer son dernier état, appelé état parfait, comme coïncidant toujours avec l'état adulte, c'est-à-dire celui où l'être est apte à procréer. Ce sont les papillons et non les chenilles qui engendrent ; ce sont les grenouilles et non les têtards qui pondent des œufs.

Pour certains insectes, la coïncidence semblait tellement complète, que l'individu ne paraissait atteindre son état parfait que pour fournir aux besoins de la reproduction. L'insecte parfait était même dépourvu d'une ouverture buccale, et dès qu'il avait pondu, il finissait son existence éphémère.

Baird, nous l'avons vu, cessa de considérer l'axolotl comme un têtard dès qu'il sut par les expériences d'Everard Home que cet amphibien était capable de se reproduire. Müller se prononçait énergiquement dans le même sens, et Cuvier, à l'époque où il admettait encore l'état larvaire de l'axolotl, était heureux de s'appuyer sur l'imperfection des organes génitaux.

Wagner, professeur à Casan, avait, il est vrai, observé avant Duméril un phénomène remarquable chez un insecte de la famille des Cécidomyens. Ceux-ci sont des diptères voisins des cousins. Il avait trouvé des larves pleines d'autres larves de second ordre et pouvant ainsi se propager sans passer par l'état parfait.

S'il y a quelque ressemblance entre les deux genres d'observations, il y a aussi une différence tranchée. Cette larve est dévorée par ses rejetons, et jamais ni elle ni celles qui sont nées avec elle ne passent à l'état parfait. C'est un simple cas de générations alternantes, remarquable seulement par le fait que la génération intermédiaire ressemble plutôt à une larve qu'à un insecte parfait; tandis que, chez les pucerons, les formes intermédiaires ressemblent à des formes parfaites. Mais cette génération intermédiaire a son sort parfaitement fixé, et l'on est à même de prédire à l'avance la succession des phénomènes, parce qu'ils se représentent toujours dans le même ordre.

De Filippi se rapprocha bien plus près du cas de Duméril dans le travail qu'il publia en 1861. Sur cinquante tritons qu'il rencontra dans un marais voisin du lac Majeur, deux seulement étaient des tritons parfaits adaptés à la vie aérienne; les autres, restés à l'état de larves, étaient

munis de branchies, mais ressemblaient aux adultes ordinaires par leur taille et le développement de leurs organes génitaux. Malheureusement on ne parle ni de ponte ni d'œufs qui se soient développés en nouvelles larves.

Cette observation reçut un complément, mais postérieurement aux premiers travaux de Duméril. En avril 1869, M. Jullien eut l'occasion de trouver six tritons d'une autre espèce, le *Lissotriton punctatus*, munis également de branchies comme les têtards, mais avec les organes génitaux parfaitement développés. Des quatre femelles qui se trouvaient dans le nombre, deux étaient si avancées qu'elles pondirent réellement des œufs. Mais ces œufs n'auraient pu être fécondés par les deux mâles, car les testicules ne contenaient pas des spermatozoïdes, mais seulement ces éléments précurseurs des véritables éléments mâles qu'on appelle cellules-mères des spermatozoïdes.

Toutefois ces observations restent encore bien loin de celles faites sur l'axolotl. Si l'on considère la perfection et le bonheur avec lesquels la reproduction de l'axolotl a été conduite, on peut dire qu'elle reste encore dans la science à l'état de cas isolé.

D'où dépend l'instabilité qui se remarque dans la métamorphose des axolotls ? Est-ce de la constitution intrinsèque des individus, est-ce des conditions du milieu ?

A notre gré, l'une et l'autre y concourent. Certains individus sont plus aptes à se métamorphoser que les autres ; car comment expliquer autrement que dans un même bassin les uns se transforment, les autres pas ?

Mais, d'un autre côté, l'influence des conditions extrinsèques est indéniable. L'expérience de Mlle von Chauvin me semble décisive sous ce rapport. Car si la manière dont elle a conduit l'expérience n'a eu aucune part dans la métamorphose, si les cinq individus se seraient transformés quand même, il faut avouer que la chance lui a été

singulièrement favorable. Von Kölliker reçoit un certain nombre de spécimens de Duméril ; ces individus sont féconds, se multiplient par centaines ; une seule métamorphose se produit. Weismann hérite à son tour de von Kölliker, mais a moins de succès encore. Il livre les larves qui lui restent, après une mortalité effrayante, à Mlle von Chauvin, et voilà que les cinq survivants se transforment tous lorsqu'ils changent de main. Comparons ce résultat, non point à celui obtenu soit par Weismann soit par von Kölliker, quoique ce soient les termes de comparaison les plus naturels ; remontons au cas beaucoup plus favorable de Duméril lui-même. Sur quarante-cinq individus, neuf se sont transformés au Muséum de Paris. Supposons qu'avant la métamorphose, Duméril eût fait don de cinq individus à Mlle von Chauvin ; quelle chance y avait-il qu'il lui eût envoyé cinq des neuf qui devaient passer plus tard à l'état d'amblystomes? Le calcul des probabilités nous apprend que cette chance est représentée par la fraction $\frac{9.\ 8.\ 7.\ 6.\ 5}{45.\ 44.\ 43.\ 42.\ 41}$; en d'autres termes, on aurait pu parier plus de 9500 contre un que la métamorphose n'aurait pas été universelle.

M. Weismann a cependant été malheureux dans l'application qu'il a voulu faire des résultats obtenus par Mlle von Chauvin. L'influence du milieu s'étant montrée si manifeste à Fribourg, il tenta d'expliquer par les conditions topographiques et climatériques du Mexique pourquoi il n'y existait pas d'amblystomes. La non-existence des amblystomes au Mexique était alors l'opinion accréditée non seulement parmi les savants européens, mais même parmi ceux des États-Unis ; elle était reçue par des hommes tels que M. Cope, qui affirmait que l'empire des amblystomes ne descendait pas au-dessous du tropique du Cancer.

Vinrent les observations de M. Velasco, qui mit en évidence la transformation des axolotls dans son pays natal. La théorie de M. Weismann tombait complètement à faux ;

non seulement il y avait des amblystomes au Mexique, mais M. Velasco prouvait en outre que le climat et la topographie des hauts plateaux mexicains étaient loin d'être tels que le professeur de Fribourg se les représentait d'après des données incomplètes.

Mais si le savant allemand pèche par défaut, le compte rendu des expériences de M. Velasco fait par la *Revue scientifique* pourrait bien pécher par excès. Le *reviewer*, qui n'est autre que M. Raphaël Blanchard, si nous en croyons M. Sauvage, a trop pris à tâche de mettre le savant allemand dans son tort. Celui-ci a placé trop peu d'amblystomes au Mexique, celui-là pourrait bien en placer trop.

Voici en effet comment M. Blanchard, si toutefois il est l'auteur du compte rendu, résume les observations du peintre mexicain : « Le lac de Santa Isabel se dessèche tous les ans ; que le dessèchement se fasse naturellement ou qu'on l'active artificiellement, tous les axolotls que renferme ce lac se transforment dès que le niveau des eaux vient à baisser..... Le lac de Zumpango se dessèche quelquefois quand les pluies sont peu abondantes : les lacs de Xochimilco et de Chalco ne se dessèchent jamais. Dans ces derniers, les axolotls se transforment aussi bien que dans le lac de Santa Isabel... L'axolotl se transforme au Mexique tout aussi bien qu'en Europe, que les conditions dans lesquelles il se trouve soient d'ailleurs favorables ou non à la conservation de son état larvaire. »

Pour qui n'a pas lu le mémoire original de M. Velasco, il semblerait, d'après ce compte rendu, qu'il n'y a aucune différence à mettre entre le lac de Santa Isabel et les autres, entre ce qui se passe dans des conditions favorables à la conservation de l'état larvaire et celles qui ne le sont pas. M. Blanchard a soin de relever le fait que tous les axolotls du lac de Santa Isabel se transforment. A moins d'être en défiance de l'auteur et de peser tous les termes qu'il emploie, on sera bien tenté de croire que le même

phénomène se passe dans les autres lacs et que tous les axolotls s'y transforment également. Rien dans le texte ne nous avertit d'une distinction à faire sous ce rapport entre les différents lacs; bien au contraire, on nous dit explicitement que les conditions favorables ou non à l'existence larvaire n'influent pas sur la présence des amblystomes.

Les expressions du compte rendu sont extraites, je le veux bien, du mémoire de M. Velasco ; mais si celui-ci insiste sur les ressemblances, il n'omet pas cependant de signaler les différences. Au lac de Santa Isabel, les pêcheurs retirent dans leur filet quarante axolotls et tous sont transformés. Au lac de Xochimilco, au contraire, M. Villada, sur cinquante individus, n'en trouve pas un seul métamorphosé. Quelle que soit la saison de l'année, on apporte à Mexico du lac de Xochimilco des axolotls en grand nombre; jamais de mémoire d'homme il ne s'y est mêlé un seul amblystome, et ce n'est pas sans peine que M. Velasco a fini par en trouver près des lacs qui ne se dessèchent pas.

Aussi il dit explicitement que la transformation dépend de l'espèce, des individus, des conditions du milieu. Il ne rejette pas absolument la théorie de M. Weismann; seulement il ne veut pas que les conditions du milieu soient les seuls facteurs du problème. Il faut une prédisposition chez les individus; étant donnée cette prédisposition, les conditions du milieu peuvent accélérer, retarder, empêcher même la transformation.

Nous nous rallions volontiers à cette opinion, en y ajoutant toutefois cette remarque, qu'après les expériences de Mlle von Chauvin, il nous semble difficile d'admettre chez aucun individu une impuissance radicale à subir la métamorphose, quoique tous puissent ne pas avoir au même degré une tendance à se transformer.

Pourquoi, à la différence des autres lacs, celui de Santa Isabel voit-il tous ses axolotls se transformer ? La réponse

serait peut-être facile s'il s'agissait des individus qui restent dans le lac jusqu'à son complet dessèchement. Ce serait la répétition en grand de l'expérience de Fribourg. Mais M. Velasco nous dit que tous les individus qu'il a placés chez lui dans un aquarium ordinaire se sont transformés également. Il faut donc recourir à une disposition plus accentuée des individus pour la métamorphose. Est-elle le fait de l'hérédité? Ce serait possible; car vu les conditions spéciales du lac, tous les individus qui s'y trouvent paraissent devoir descendre d'individus transformés, ceux qui ne se transforment point devant périr avant d'avoir l'âge de la reproduction. On aurait donc affaire à un cas de sélection naturelle. Malheureusement, M. Velasco nous assure qu'après deux ans d'observation, ses amblystomes étaient encore stériles. Il est vrai que les amblystomes du Muséum de Paris se sont montrés longtemps réfractaires aussi et semblent être arrivés beaucoup moins vite à l'état adulte que les simples axolotls.

Qui sait si les axolotls de Santa Isabel n'appartiennent pas à une espèce privilégiée? M. Velasco, en tous cas, lui a donné le nom de *Siredon tigrina*, et la considère comme distincte du *Siredon Humboldtii* qui habite le lac de Xochimilco, et du *Siredon lichenoides* qui a servi aux expériences du Muséum. Celle-ci ayant été la mieux étudiée, c'est à elle surtout que s'appliquent les réflexions qui vont terminer cet article.

Si l'on nous demande donc s'il y a quelque impossibilité que pendant un long espace de temps on ait simplement des générations d'axolotls ordinaires, et que la transformation ne se produise qu'au moment où les conditions extérieures viendraient à changer, nous répondrons que nous n'en voyons pas, et nous ne serions pas surpris que les amblystomes du Muséum de Paris fussent descendus d'une lignée d'axolotls pur sang sans aucun mélange d'am-

blystomes pendant de longs siècles. Peut-il exister certaines conditions du milieu où tous les axolotls se transformeraient? Nous répondrons également oui, en nous appuyant sur les expériences de Fribourg. Peut-il exister des conditions de milieu où aucun ne se transformerait? Nous répondrons oui encore, témoin les insuccès qui ont accompagné la culture de ces amphibiens dans presque tous les laboratoires de l'Europe. Enfin les faits qui se sont passés au Muséum de Paris nous apprennent qu'il peut aussi se faire un partage entre les individus, les uns se transformant, les autres pas. La marche de l'espèce peut être même rétrograde et non progressive, puisque les amblystomes peuvent donner naissance à des têtards qui ne se métamorphosent pas.

Qui peut nous répondre que nous ne verrons pas un jour les têtards de nos grenouilles jouir de la faculté de reproduction sans atteindre l'état parfait? Pauvres physiologistes! plus de grenouilles dans leurs laboratoires!

Nous avons exposé les faits; quelles que soient les conclusions qu'en tirera le lecteur, nous croyons qu'ils ne peuvent manquer de donner une idée plus juste et plus large de la variabilité de l'espèce. La variabilité n'est pas restreinte à des caractères accessoires; elle peut affecter les organes réputés les plus importants et modifier complètement l'évolution de l'individu.

G. Hahn, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES. Tomes XIII et XIV. — Paris, Gauthier-Villars et fils; Bruxelles, Société belge de librairie (rue Treurenberg, 16). — Deux volumes in-8° de 416 et de 475 pages.

Sommaire du tome XIII (1889). — PREMIÈRE PARTIE (100 pp.). *Documents et Comptes rendus.* Statuts, règlement des concours, liste des membres. Rapports du président et du trésorier. *Communications diverses.* Sur l'extension du théorème de Rolle aux racines imaginaires des équations algébriques; par M. *P. Mansion.* — Sur une erreur assez répandue au sujet de la démonstration de la série de Fourier; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur les fonctions elliptiques; par M. *P. Mansion.* — Sur les avantages que peut fournir l'introduction, dans la théorie de la courbure des surfaces, des cosinus directeurs de la normale; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur l'existence d'une lacune dans l'enseignement des sciences mathématiques; par M. *Éd. Goedseels.* — Sur l'emploi du signe E dans la théorie des fonctions; par M. *P. Mansion.* — Sur la Géométrie non euclidienne; par M. *P. Mansion.* — Sur un nouvel aréomètre-balance de Joly; par M. *Alb. Van Bierviet.* — Sur la self-induction des courants; par M. *A. Witz.* — Sur les systèmes astatiques d'aiguilles aimantées; par M. *Alb. Van*

Biervliet. — Sur la volatilité dans les composés carbonés; par M. *L. Henry.* — Sur quelques Mosasauriens nouveaux; par M. *L. Dollo.* — Sur certaines mesures craniométriques; par M. le Dr *Cuylits.* — Sur la saignée; par M. le professeur *Verriest.* — Sur deux malades atteints de paralysie agitante; par M. le Dr *Glorieux.* — Sur une particularité anatomique présentée par le crâne de certains aliénés; par M. le Dr *Cuylits.* — *Conférences.* Les stations zoologiques au bord de la mer; par M. *A. Buisseret.* — Le Congo et l'œuvre antiesclavagiste de Belgique; par M. le lieutenant général *Jacmart.* — Le vol chez les Vertébrés; par M. *L. Dollo.* — Sur le sens des mouvements de l'écorce terrestre; par M. *A. de Lapparent.* — Les victimes de l'électricité; par M. *A. Witz.*

Seconde partie (316 pages). — *Mémoires.* Les classifications des Chéloniens; par M. l'abbé *Gérard Smets.* — Sur une formule de Darboux; par M. *P. Mansion.* — Mémoire sur la recherche la plus générale d'un système orthogonal triplement isotherme; par M. le Vte *de Salvert.* Appendice. Note I, sur la solution la plus générale du problème de l'isothermie pour les surfaces du second ordre. — Recherches sur les accélérations en général; par M. *Ph. Gilbert.*

Sommaire du tome XIV (1890). — Première partie (107 pages). *Documents et Comptes rendus.* Statuts, règlement des concours, liste des membres. Rapports du président et du trésorier. *Communications diverses.* Sur les travaux géométriques du P. Saccheri, et l'histoire de la Géométrie non euclidienne; par M. *P. Mansion.* — Sur diverses généralisations de la formule approximative d'Ozanam ou de W. Snell; par M. *P. Mansion.* — Sur le mouvement d'un point qui decrit une conique par l'action d'une force dirigee vers un centre fixe, en raison inverse du carré de la distance; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur la démonstration due à M. Rouché de la formule de Stirling; par M. *P. Mansion.* — Sur la corrélation des systèmes de coordonnées parallèles de plan et de point respectivement avec les systèmes cartésien et pluckérien; par M. *M. d'Ocagne.* — Rapport sur un mémoire de M. de Salvert; par *P. Mansion.* — Sur la détermination du point de fusion des substances organiques; par le R. P. *De Greeff.* — Sur la détermination des variations de température d'un noyau de fer doux dans l'aimantation; par M. *A. Van Biervliet.* — Sur un aéromètre à poids et à volume variables; par M. *Alb. Van Biervliet.* — Sur l'origine asiatique des

Nègres; par le R. P. *Van den Gheyn.* — Sur la différence entre le centre et le corps d'une vertèbre ; par M. *L. Dollo.* — Sur un Sirénien miocène de Boom; par M. *L. Dollo.* — Sur l'ostéologie du genre *Plioplatecarpus;* par M. *L. Dollo.* — Sur la fixation de l'azote par les plantes; par M. *A. Proost.* — Sur les Rhynchocéphaliens vivants et fossiles; par M. *L. Dollo.* — Sur les visiteurs d'un saule marceau; par M. *A. Proost.* — Sur l'heure universelle; par Fr. *Alexis M.-G.* — Sur le noyau dans la cellule de levure; par M. *W. Meessen.* — Sur le sens musculaire, spécialement au point de vue de la parole; par M. le Dr *Verriest.* — Sur une visite à l'hôpital de la Charité; par M. le Dr *Cuylits.* — Sur les symptômes de la période occulte de la tuberculose; par M. le Dr *Huyberechts.* — Sur l'influence qu'exerce le régime lacté sur l'élimination de l'acide urique ; par M. le Dr *Lahousse.* — *Conférences.* Le magnétisme animal, son histoire, son influence, ses applications utiles, ses dangers; par M. le Dr *E. Masoin.* — Les problèmes économiques contemporains aux États-Unis ; par M. *Claudio Jannet.* — Les explorations dans les régions intérieures de l'Afrique; par Fr. *Alexis M.-G.* — La synthèse des minéraux et des roches; par M. l'abbé *Renard.* — Folie et criminalité; par M. le Dr *Francotte.*

Seconde partie (368 pages). — *Mémoires.* Sur quelques formules générales dans la Physique mathématique; par M. *Ph. Gilbert.* — Les dernières recherches bryozoologiques du Dr Ed. Pergens ; par le R. P. *G. Schmitz.* — Sur l'herpolhodie de Poinsot et sur un appareil de MM. Darboux et Kœnigs; par M. *Ph. Gilbert.* — Sur les postulats et les axiomes d'Euclide; par M. *P. Mansion.* — Analyses des recherches du R. P. Saccheri, sur le postulatum d'Euclide ; par M. *P. Mansion.* — Influence du régime lacté sur l'élimination de l'acide urique ; par M. le Dr *E. Lahousse.* — Période germinative de la tuberculose pulmonaire; par M. le Dr *Huyberechts.* — Mémoire sur la recherche la plus générale d'un système orthogonal triplement isotherme; par M. le Vte *de Salvert.* — Sur le pendule de Foucault; par M. le Cte *de Sparre.*

II

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE MUNICIPAL DE MONTSOURIS POUR 1891. *Météorologie, chimie, micrographie, applications à l'hygiène.* — Un vol. in-18 de 558 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

On aurait pu croire que la publication périodique connue sous le nom d'*Annuaire de l'Observatoire de Montsouris* était morte. Il n'en était rien. Elle vient de montrer qu'elle vit toujours en donnant, en octobre dernier, l'*Annuaire* de .... 1891. Assurément " mieux vaut tard que jamais ", comme dit le proverbe. Toutefois on ne peut méconnaître que publier l'annuaire d'une année dans les derniers mois de ladite année, au moment même où les publications de périodicité pareille font paraître leur volume de l'année suivante, c'est retarder quelque peu. Nos lecteurs ne s'étonneront donc pas si nous leur rendons compte, *en 1892,* d'un annuaire pour 1891, dont les premières pages sont consciencieusement occupées par le calendrier de 1891, portant les phases de la lune pour chacun des mois de 1891, les heures du lever et du coucher du soleil et de la lune pour chacun des jours de 1891, l'âge de la lune à chacun des jours du mois, en 1891.

Si cela manque d'intérêt *actuel,* cela conserve du moins son intérêt rétrospectif. Ce n'est là, au surplus, que la partie très accessoire de l'*Annuaire,* déjà donnée d'ailleurs par un autre annuaire, celui du Bureau des Longitudes qui, lui du moins, paraît assez régulièrement au commencement de l'année qu'il indique. Mentionnons rapidement ce qui fait le véritable intérêt de la publication de l'Observatoire de Montsouris.

I. Aux renseignements et tables qu'il contient chaque année sur les diverses données relatives à la météorologie, l'*Annuaire* pour 1891 ajoute un tableau fort intéressant de la tension de la vapeur d'eau à toutes les températures, indiquée de degré en degré, à partir de — 30° jusqu'à + 59° inclusivement. Le volume se poursuit ensuite par un important article de M. Léon Descroix sur la *Climatologie parisienne* depuis 1869 jusques et y compris 1890: le résumé des observations concernant cette dernière année est particulièrement remarquable, par le rapport qu'il établit entre les variations de l'atmosphère en température, en humidité, en électricité, en agitation, en éclairement par le soleil d'une part, et d'autre part les variations correspondantes de la santé publique. Ainsi, par exemple, la crise de la maladie

appelée *influenza* qui a sévi en décembre 1889 et janvier 1890 (et qui sévit encore en ce moment) aurait provenu alors de la diminution du nombre et de l'intensité des bourrasques et des tempêtes sur l'océan Atlantique durant l'automne précédent.

II. M. Albert-Lévy continue ses travaux d'*Analyse chimique de l'air et des eaux,* commencés en 1875 ou 1876, et continués sans interruption jusqu'à l'année 1890 incluse. Après avoir, dans un premier chapitre, exposé ses méthodes et décrit les appareils employés pour l'analyse des eaux, il expose, dans le chapitre suivant, les résultats qu'il a obtenus : 1° avec les eaux météoriques, 2° avec les eaux de sources et de rivières, 3° avec les eaux d'égout et de drainage. Son dernier chapitre concerne l'analyse de l'air.

Les eaux météoriques comprennent celles qui proviennent de la pluie, du brouillard, de la rosée, de la gelée blanche, du grésil, de la grêle et de la neige. Leur analyse consiste à doser l'azote ammoniacal et l'azote des nitrites et des nitrates qu'elles tiennent en dissolution. En ce qui concerne notamment les eaux de pluie recueillies chaque année sur différents points de Paris, les analyses ont conduit le savant observateur à cette curieuse conclusion que, nonobstant des différences parfois très sensibles entre les résultats quotidiens des diverses stations, les moyennes mensuelles sont très voisines, et les moyennes annuelles identiques.

L'analyse des eaux de sources (Vanne et Dhuis) et de rivières amène à constater, par de légères différences dans la composition des premières au réservoir d'arrivée et aux robinets de distribution, une certaine amélioration après leur passage dans les conduits, et, quant aux secondes, que leur composition ne change pas sensiblement d'une année à l'autre. Celles-ci contiennent, en plus grande proportion que les premières, la chaux et la matière organique, et leur coefficient d'altérabilité est plus élevé.

Les eaux d'égout, après le drainage, ont perdu presque en entier la matière organique qu'elles contenaient tant en suspension qu'à l'état de dissolution. Ce résultat, constaté durant les années précédentes, est amplement confirmé par les observations de 1890.

De même l'analyse chimique de l'air atmosphérique, répétée chaque année depuis 1877, a donné lieu à des tableaux statistiques très exacts et très complets permettant de se borner à l'étude des éléments variables de l'air : l'ozone, l'azote ammo-

niacal et l'acide carbonique. Pour le premier, les moyennes annuelles de sa teneur vont en diminuant de 1877 à 1880; elle se relève de 1883 à 1888 pour redescendre en 1889 et 1890. L'azote ammoniacal, recherché à l'air libre et dans l'air des égouts, a fourni une teneur cinq fois plus élevée dans celui-ci que dans celui-là. Enfin est confirmée cette conclusion formulée depuis plusieurs années, à savoir que la quantité d'acide carbonique contenue dans l'air atmosphérique varie d'une manière sensible d'année en année, de mois en mois, d'un jour à l'autre, alors que cependant les moyennes mensuelles, correspondant à plusieurs années d'analyses, fournissent des résultats presque identiques. La moyenne de toutes ces analyses donne approximativement 3/10 000 en volume, ou plus exactement 292/1 000 000.

III. C'est aussi à des analyses de l'air et des eaux que se livre M. Miquel, mais à un point de vue différent. L'analyse dont il vient d'être parlé est une analyse chimique. Celles de M. le Dr Miquel, dénommées par lui *microscopiques* et *micrographiques*, pourraient être appelées, non moins exactement, bactériologiques ou microbiologiques. En fait son mémoire, — le treizième depuis 1879, — est intitulé : *Sur les poussières organisées de l'air et des eaux*. Il ne serait pas possible de résumer, même sommairement, les multiples observations contenues dans ce mémoire, dont plusieurs d'ailleurs sont trop récentes pour permettre à leur auteur d'en tirer des conclusions. Bornons-nous à signaler les résultats les plus dignes d'attention, tels, par exemple, que le fait du maximum d'abondance des microbes atmosphériques pendant les mois de juin, juillet et août, et leur minimum en décembre, tandis que, contrairement, le maximum des moisissures se constate durant le semestre d'hiver. Si l'on étudie les variations micrographiques de l'air, non plus annuelles ou mensuelles mais diurnes, on constate deux maxima et deux minima : les premiers vers 6 heures du matin et 6 heures du soir, les seconds vers 2 heures du matin et de l'après-midi. Une autre observation, aussi curieuse que, croyons-nous, inattendue, c'est que l'air des égouts est plus pur, moins chargé de bactéries, que l'air des rues de Paris ; et cette heureuse pauvreté est d'autant plus grande que l'air analysé provient de plus petits égouts dont le sol et les parois sont plus humides.

Des analyses faites sur les eaux de la Vanne, il résulte que leur richesse en bactéries suit une marche inverse à celle de l'air qui en est toujours moins chargé après les pluies. Ce résultat s'explique aisément : les pluies rabattent sur le sol les

organismes tenus en suspension dans l'atmosphère, et l'eau en s'écoulant les entraîne dans les sources et les cours d'eau. La richesse de ceux-ci en bactéries et microbes a son maximum dans les 4e et 1er trimestres de l'année, c'est-à-dire dans le semestre d'hiver, et son minimum durant les 2e et 3e trimestres. Ici encore, c'est le contraire de l'air atmosphérique.

Rien d'étonnant à ce que, nonobstant la pureté relative de l'air des égouts, les eaux qu'ils charrient contiennent des bactéries en quantité considérable : leur dosage donne, en année moyenne, 13 800 000 de ces microorganismes par centimètre cube, et 16 850 000 pour la moyenne de l'année 1890. Mais ce qui ne laisse pas de surprendre au premier abord, c'est la pauvreté relative des infectes eaux de vidanges où le nombre des germes organiques n'atteint pas 70 millions, alors qu'elles sembleraient devoir en contenir bien davantage. Le fait s'explique par la quantité d'hydrogène sulfuré et de sulfhydrate d'ammoniaque qu'elles contiennent, substances très toxiques pour les bactéries. Traitées successivement par la chaleur et la distillation, ces eaux perdent la plupart de ces microorganismes, de même que celles des égouts sont rapidement purifiées par le sol sur lequel elles sont répandues.

Nous arrêterons ici ces exemples, afin de ne pas trop allonger ce compte rendu. Pour la même raison, nous nous bornerons à signaler une sorte d'appendice relatif à deux objets : le premier consiste dans la description et l'emploi de thermo-régulateurs fondés sur la dilatation des métaux solides; le second, d'une nature plutôt médicale, se rapporte au ferment soluble de l'urée.

En somme, l'*Annuaire* de l'Observatoire de Montsouris pour 1891 résume, comme ceux des années précédentes, les patients, minutieux et méritoires travaux des savants préposés à cet établissement. Les observations, les documents s'accumulent peu à peu, qui permettront un jour peut-être de formuler des lois dont la connaissance serait précieuse pour l'état sanitaire et pour l'hygiène publique.

JEAN D'ESTIENNE.

III

MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DES EAUX, par le Dr MIQUEL, docteur ès sciences et en médecine, chef du service micrographique de l'Observatoire municipal de Montsouris, inspecteur des établissements classés. — Un vol. in-16 de VIII-194 pp. — 1891, Paris, Gauthier-Villars.

Il y a quinze ans et plus que M. le Dr Miquel observe et étudie, dans son laboratoire de l'Observatoire météorologique de Montsouris, les organismes microscopiques, les microphytes dont sont presque toujours peuplées, dans des proportions diverses, les eaux de toute provenance servant aux nombreux usages de la vie.

Il a réuni le résultat de ses observations et de ses recherches dans un petit traité facilement intelligible aux moins initiés, et qui peut rendre de grands services à tous ceux qui, par état, ont à se préoccuper des meilleures conditions de l'hygiène.

Ce *Manuel* se divise en cinq chapitres correspondant aux divisions naturelles d'une étude bactériologique sérieuse et complète.

La première opération consiste dans le *prélèvement* des eaux à analyser, opération beaucoup plus délicate qu'il pourrait le paraître au premier abord. On doit commencer par *stériliser* les vases destinés à contenir les échantillons prélevés; car il faut avoir la certitude absolue qu'ils ne contiendront aucun germe bactéridique au moment où sera introduite dans leur sein l'eau à analyser. Sans cela, étant donnée surtout l'extrême prolification, dans certaines conditions, de ces organismes invisibles à l'œil nu, l'on n'aurait aucune garantie de précision et d'exactitude. Il est nécessaire, pour arriver à des résultats complets, de soumettre à l'analyse les eaux dans les diverses conditions où elles existent dans la nature : eaux courantes, eaux de source, eaux de puits, eaux de pluie, neige, grêle. Les eaux courantes elles-mêmes doivent être prélevées à diverses profondeurs. Description des appareils employés pour obtenir ces divers prélèvements ou récoltes d'eaux dans les conditions voulues.

Ce n'est pas tout. Le prélèvement fait, la récolte de pluie, de neige ou de grêle effectuée, il s'agit du transport au laboratoire des divers échantillons d'eau ainsi obtenus. C'est l'objet du second chapitre; car ce transport, qu'il faut réaliser sans modification, sans changements dans l'état bactériologique des eaux

recueillies, n'est pas exempt de difficultés. Il suffit en effet d'une élévation de quelques degrés dans la température pour changer complètement la proportion des bactéries. Ainsi tel échantillon d'eau de source contenant à midi, la température étant de 16°,6, cinquante-sept de ces micro-organismes par centimètre cube, porté à la température de 20°,9, soit 4°3 de plus, en contient, trois heures après, 456, exactement 8 fois autant. Une autre expérience donnant 56 bactéries par centimètre cube à la température de 17°, l'eau analysée étant examinée de nouveau au bout de 24 heures à la température de 21°,2, accusait non plus 56 mais bien 32 140 schizomycètes. En laissant reposer le prélèvement d'eau pendant 4 jours à la température constante de 30°, la pullulation porte le nombre primitif de 56 à 1 070 000 (nous disons : un million soixante-dix mille) par centimètre cube. On voit par là combien important est le maintien, à une température non supérieure à celle d'extraction ou de récolte, des eaux dont on veut déterminer la puissance bactériologique. On y arrive au moyen de glacières artificielles au sein desquelles sont plongés les flacons pendant la durée de leur transport au laboratoire.

Arrivés là, les échantillons sont soumis à une première opération fort importante quoique non la plus délicate, celle de la détermination du nombre des bactéries contenues dans chaque échantillon, autrement dit l'analyse *quantitative* des eaux d'expérience.

Résumer ici la description des procédés, du matériel employé, des diverses méthodes usitées, des trois sortes de milieux de culture, liquides, solides et mixtes, nous entraînerait à des développements disproportionnés. Mieux vaut renvoyer le lecteur au *Manuel* lui-même.

Plus importante encore, mais autrement difficile et délicate que le dosage numérique des bactéries des eaux, est l'analyse *qualitative* de ces mêmes eaux. Connaître le nombre de bactéries contenues dans une eau en des conditions données est incontestablement chose utile ; mais savoir distiguer entre elles leurs diverses espèces, démêler celles qui sont nuisibles ou *pathogènes* d'avec celles qui sont inoffensives ou seulement fermentescibles (*zymogènes*, de ζύμη, levain) et vulgaires ou *saprogènes* (de σαπρὸς, pourri, moisi); arriver enfin, si possible, à une classification botanique de tous ces microphytes, — est un résultat bien plus important encore. Après avoir décrit le bacille du tétanos, la bactéridie charbonneuse, le bacille du typhus, le spirille du choléra asiatique, l'auteur passe à un *Essai de flore bactérienne*. Il fonde

sa classification des deux sections, aérobies et anaérobies, sur le degré de température auquel ces infusoires se développent, soit à 20°, soit au-dessus de 20° seulement, soit enfin au-dessus de 40°. Leurs formes, globuleuse, filamenteuse, spiraloïde, etc., la couleur qu'ils affectent, leurs modes de groupement, constituent, aux yeux du savant micrologue, des caractères de plus en plus secondaires.

Telle est, rapidement indiquée, la substance des quatre premiers chapitres. Le cinquième est consacré à l'examen des *Résultats généraux*. Celui qui s'offre d'abord au lecteur est l'indication des divers degrés de pureté de l'eau relativement à son peuplement microbien. A raison de 100 à 1000 bactéries par centimètre cube, l'eau est dite *pure ;* elle est *très pure* quand elle n'en contient que de 10 à 100, *excessivement pure* à moins de dix. A partir de 1000 et jusqu'à 10 000, elle est considérée comme médiocre, *impure* de 10 000 à 100 000, *très impure* à partir de 100 000 et au-dessus. D'après ce classement, les eaux de la Vanne seraient pures (800 bact.), celles de la Dhuis médiocres (1890 bact.), celles de la Seine à Ivry, de la Marne et de la Loire impures (32 500, 36 300 et 24 000). Ces résultats, au surplus, varient avec les jours et les mois de l'année, avec les saisons, les chutes de pluie, les temps secs. Sans entrer dans les détails du curieux phénomène de l'auto-infection des eaux, mentionnons à ce propos les méthodes de *stérilisation* de l'eau du Dr Miquel, qui arrive à les rendre " infertiles ", c'est-à-dire incapables de nourrir des bactéries, et appelons l'attention sur cette remarque considérable, qu'il ne suffit pas que de l'eau soit *quantitativement* pure pour être inoffensive. Avec 10 bacilles typhiques par décimètre cube, une eau dépourvue de toutes autres bactéries serait éminemment dangereuse, tout en étant, au point de vue de la quantité, très pure. Par contre, de l'eau de la Vanne, par exemple, abandonnée 24 heures à elle-même, pourrait contenir un million de microphytes par centimètre cube et, malgré sa grande impureté quantitative, rester parfaitement inoffensive. Ce seul fait montre toute l'importance de l'analyse *qualitative* et de la détermination des espèces.

Le savant et habile expérimentateur termine son *Manuel* par l'examen des moyens prophylactiques propres à combattre l'infection par les eaux. Ces moyens se ramènent à deux procédés : la filtration et l'ébullition. A l'égard du premier, le *Manuel* contient de précieuses indications sur les conditions de construction et d'entretien d'un filtre véritablement efficace, conditions

rarement remplies d'une manière complète dans l'usage quotidien et qui seraient pourtant d'une importance si grande pour la bonne hygiène des ménages et des familles. Signalons, pour terminer cette étude, les filtres de la Compagnie Chamberland, comme paraissant réunir au plus haut degré ces conditions nécessaires, et notamment le *Filtre de ménage* à trois bougies Chamberland, d'un transport facile et à même de fonctionner en tous lieux.

JEAN D'ESTIENNE.

IV

INSTRUCTIONS MÉTÉOROLOGIQUES, par A. ANGOT, docteur ès sciences, agrégé de l'Université, météorologiste titulaire au Bureau central météorologique. — Troisième édition, entièrement refondue. Un vol. grand in-8° de VI-124 pp. — 1891, Paris Gauthier-Villars.

Ce volume pourrait être intitulé en toute exactitude : « Manuel du jeune météorologiste ». C'est en effet un exposé très clair et assez complet de ce qu'il ne serait pas déplacé d'appeler : *météorologie élémentaire,* en comprenant cette expression en ce sens qu'on n'y a pas abordé l'actinométrie, l'atmidométrie, non plus que la recherche et la détermination de la quantité d'ozone. Les mesures qui se rapportent à ces trois branches d'étude sont, les premières, trop longues et trop délicates, les secondes, d'une observation exigeant de vastes surfaces et des appareils appropriés, les dernières enfin, trop incertaines encore et d'ailleurs du domaine de l'hygiène plutôt que de celui de la météorologie.

Pour tout le reste, nous avons là un traité théorique et pratique abordant presque tous les ordres de phénomènes relatifs à cette science. Pression atmosphérique; température; pluie, neige, grêle, grésil, etc.; nuages et nébulosité; direction et vitesse des vents; rapports des phénomènes de la vie végétale et animale avec ceux de l'atmosphère; brouillards, rosée, gelée, orages; halos et aurores boréales; tous ces sujets sont traités d'une manière claire et facilement intelligible quoique dans un langage toujours scientifique. Mérite assez rare pour qu'on le signale en passant.

Il est permis, toutefois, d'éprouver quelque surprise à voir

laisser de côté, dans le chapitre des " Phénomènes optiques de l'atmosphère ", l'arc-en-ciel, le mirage, les couronnes. Il est vrai que l'auteur nous en avertit en commençant, estimant ces phénomènes d'une importance secondaire " au point de vue de la météorologie proprement dite ".

Ce qui donne par ailleurs aux *Instructions météorologiques* une grande valeur, ce sont les descriptions minutieuses, avec figures à l'appui, des instruments variés à employer pour chaque nature d'observations, accompagnées de discussions qui permettent de faire, parmi eux et suivant les circonstances, un choix judicieux. Un chapitre spécial est consacré, vers la fin, aux instruments dits *enregistreurs*, baromètres, thermomètres, hygromètres, inscrivant automatiquement chacune des variations de pression, de température ou d'humidité qu'ils sont chargés de constater.

Les règles à observer pour un calcul suffisamment exact des chiffres résultant des observations faites et enregistrées, termine le texte proprement dit de l'ouvrage que nous analysons. Ce texte est suivi de tables très précieuses pour la *réduction* des observations barométriques, hypsométriques, hygrométriques et psychométriques, pour les tensions maxima de la vapeur d'eau de — 29° à + 49°, pour la mesure de l'humidité relative, etc. On a ainsi les moyens, sous quelque température et à quelque latitude que l'on opère, de réduire l'observation barométrique à zéro et au niveau de la mer; de tenir compte également de la latitude et de l'altitude dans la mesure de la pression atmosphérique comme dans celle des hauteurs. L'emploi de ces tables est d'ailleurs expliqué comme il convient dans les chapitres y relatifs.

Ne terminons pas cette notice sans faire mention, en outre de vingt-cinq figures représentatives d'instruments ou d'abris, de cinq autres fort dignes d'attention et dont quatre sont affectées à la représentation des diverses espèces de nuages, *cirrus, cumulus, stratus, nimbus* et leurs composés, et une à la vue d'un halo très complet, comprenant grand halo, halo circonscrit, arc circumzénithal, parhélies et cercle parhélique.

JEAN D'ESTIENNE.

V

Leçons de physique générale, par MM. James Chappuis et Alphonse Berget, en trois volumes de 486, 496 et 396 pages, avec nombreuses figures dans le texte. — Gauthier-Villars et fils, Paris, 1891.

Les traités de physique peuvent être partagés en deux grandes classes. Le Cours de l'École Polytechnique de Jamin, remanié et complété par M. Bouty, le traité que M. Violle est en train de publier, le *Lehrbuch der Experimental Physik* de M. Wüllner, avec son *Compendium*, les leçons de Verdet, appartiennent à une première catégorie d'ouvrages dans lesquels l'ensemble de la science est présenté avec de nombreux détails et un grand luxe d'érudition. Ces livres, qui sont excellents, ont cependant un défaut générique, celui d'être trop volumineux : les élèves s'y perdent et ils en trouvent le prix trop élevé; une somme de 70 francs est considérable pour un étudiant, et les 3000 pages in-octavo dont ces œuvres se composent constituent une masse considérable, qui décourage les plus zélés. Ils sont donc tentés de se contenter des Traités plus élémentaires de MM. Drion et Fernet, Boutan et d'Alméida, Angot, Pellat, etc., auxquels il convient d'adjoindre celui du R. P. Van Tricht; mais ces livres ont été écrits spécialement pour l'enseignement secondaire, et leurs auteurs ont été obligés de se priver des ressources précieuses du calcul infinitésimal. Les candidats à la licence n'y trouvent donc pas la somme des connaissances nécessaires pour affronter les examens, devenus si difficiles, de la licence. Entre ces deux catégories, il y avait place pour un livre renfermant un exposé clair, court et précis de toutes les belles et hautes théories de la physique moderne, faisant une place modérée aux travaux des maîtres, tout en développant leurs conclusions : c'était un ensemble de leçons qu'il fallait, plutôt qu'un Traité complet. MM. Chappuis et Berget se sont proposé de réaliser ce *desideratum* des candidats, et nous nous empressons de déclarer qu'ils ont pleinement réussi dans leur entreprise. Leurs leçons seront bientôt entre les mains de tous nos élèves, soit qu'ils appartiennent aux Facultés, soit qu'ils suivent les cours de nos grandes Écoles, et elles seront lues avec fruit par les ingénieurs qui y trouveront l'exposé succinct des théories dont ils ne peuvent plus se passer aujourd'hui. Le talent des auteurs et

leur travail consciencieux ne contribueront pas moins au succès de cette nouvelle Physique que l'à-propos de la publication et son admirable exécution typographique, digne en tous points de la maison Gauthier-Villars et fils.

Le tome premier est consacré aux instruments de mesure, à la chaleur et à la capillarité; le second traite de l'électricité et du magnétisme; le troisième est consacré à l'optique, à l'acoustique et à l'électro-optique. Toutes les théories essentielles ont trouvé leur place dans ce cadre et elles sont présentées avec pondération, ce qui est la plus grosse difficulté de ce genre d'ouvrages. Un jeune homme qui se serait parfaitement assimilé la matière de ces leçons ne sera sans doute pas encore un physicien, mais il méritera honorablement le diplôme de licencié. Sera-t-il sûr de réussir du premier coup? Il serait audacieux de le lui promettre, car les problèmes que les Facultés ont fort heureusement introduits dans la composition écrite pourraient quelquefois surprendre à l'improviste le disciple de MM. Chappuis et Berget; mais du moins pourra-t-il se rendre le témoignage d'avoir été parfaitement préparé à l'examen.

Des livres de ce genre épuisent rapidement leur première édition, aussi pouvons-nous dès maintenant nous occuper de la seconde. Il y aura fort peu de remaniements à faire pour rendre l'ouvrage irréprochable. S'il nous était permis d'exposer un désir que nous a suggéré la lecture de l'ouvrage, nous demanderions de voir élargir un peu son cadre: ainsi, pour ne citer qu'un exemple, nous voudrions voir ajouter, en électrostatique, quelques considérations sur les diagrammes de Maxwell, sur les images électriques de sir W. Thomson et sur le travail des forces électriques dans le déplacement des conducteurs à potentiel constant. C'est dire que nous trouvons quelques lacunes à combler, dans le but de réduire au minimum pour le candidat à la licence les chances d'insuccès. Par contre, nous supprimerions les tableaux bibliographiques placés à la fin des chapitres, parce que les élèves n'en feront guère usage et que, d'autre part, ils reflètent mieux les souvenirs des auteurs que l'ensemble des travaux faits sur chaque question.

Mais nous ne nous permettons ces légères observations que pour mieux faire ressortir le mérite de MM. Chappuis et Berget et les grandes difficultés de leur entreprise; il faut avoir préparé des élèves à la licence pour savoir combien on a de peine à être complet sans encombrer leur esprit et multiplier les leçons.

AIMÉ WITZ.

VI

GALILÉE ET LA BELGIQUE. *Essai historique sur les vicissitudes du système de Copernic en Belgique* (XVIIe et XVIIIe siècles), par le docteur GEORGES MONCHAMP, professeur de philosophie au Séminaire de Saint-Trond. — Un vol. in-12 de 346-76 pp. — Saint-Trond, G. Moreau-Schouberechts; Bruxelles, Société belge de librairie; Paris, Victor Retaux et fils. 1892.

La meilleure recommandation de ce livre est le nom dont il est signé. Ce nom, si avantageusement connu par l'*Histoire du Cartésianisme en Belgique,* répond d'avance du mérite de l'*Essai sur les vicissitudes du système de Copernic.* On peut s'attendre à retrouver dans deux sujets si voisins les mêmes qualités d'exposition et la même solidité de science qui assurèrent une si brillante fortune au premier. Quiconque lira ce nouvel ouvrage n'aura pas à se repentir de sa confiance dans la réputation de M. l'abbé Monchamp.

Le but de l'auteur n'était d'abord que de faire connaître avec toutes les pièces justificatives un curieux procès, ou plutôt deux procès successifs, qui rappellent, par certains côtés, le fameux procès de Galilée. Le second était jusqu'ici entièrement ignoré. Mais, sous la plume d'un homme si versé dans l'histoire du mouvement intellectuel en Belgique, le sujet devait considérablement s'élargir. De longues et savantes recherches sur l'influence exercée par Galilée, en entrant dans l'ouvrage, ont encadré le récit du procès Van Velden dans un tableau extrêmement instructif de l'état des sciences aux XVIIe et XVIIIe siècles.

Peut-être pourrait-on trouver que l'érudition de l'écrivain a fait tort à l'unité de son œuvre. Peut-être le tableau est-il trop large pour le récit du procès, ou le récit du procès trop développé pour rentrer dans le cadre du tableau. Mais l'un et l'autre n'en constituent pas moins des études de très haute valeur, éminemment propres à donner une connaissance exacte du rôle de la Belgique dans l'évolution des doctrines physiques et astronomiques.

A la fin du XVIe siècle, la vie intellectuelle était aussi intense dans notre petit pays, plus intense peut-être, que chez nos voisins d'Allemagne ou de France. Les relations que Galilée entretenait alors avec Ortelius, Coignet, Ernest de Bavière, l'archiduc Albert d'Autriche, Antonini, Nardi, et d'autres savants belges ou

établis en Belgique, nous montrent que ses idées étaient accueillies avec faveur par plus d'un esprit curieux de spéculations scientifiques. Son nom et ses théories commencent à se rencontrer dans les livres imprimés chez nous au commencement du XVIIe siècle, et les lettres qui nous sont restées des savants de cette époque saluent avec enthousiasme ses belles découvertes astronomiques, les montagnes de la Lune, les taches du Soleil, les satellites de Jupiter, les phases de Vénus, la résolution de la Voie Lactée en étoiles. Plusieurs se procurent ou se construisent des lunettes, qui leur permettent de contempler à leur tour ces merveilleux spectacles.

L'admiration ne tarde pas à entraîner chez quelques-uns l'adhésion aux conclusions que Galilée tire de ses découvertes en faveur du système de Copernic. Ces conclusions, qui renversent de fond en comble les théories de Ptolémée et d'Aristote, les seules reçues alors dans les écoles, séduisent même plus d'un représentant de la tradition péripatéticienne. Tel est Libert Froidmont.

Froidmont personnifie l'enseignement scientifique à Louvain au XVIIe siècle, tant par l'influence de ses nombreux ouvrages que par son incontestable supériorité d'intelligence. Cette supériorité faisait dire à Galilée, après la lecture de son *Ant-Aristarchus:* " Parmi les adversaires de Copernic, Froidmont me paraît le plus sensé et le plus capable de tous ceux que j'ai vus jusque maintenant „ (1). Or Froidmont, dans ses premiers écrits, laisse entrevoir assez clairement, sans le dire en termes exprès, qu'il n'est pas loin d'adopter sans réserve les idées nouvelles. Dans sa *Pérégrination céleste,* il se suppose emporté à travers les merveilles révélées par le télescope, en compagnie d'un génie qui se moque fort agréablement du vieux système du monde, avec ses Cieux incorruptibles et solides, sa Terre immobile au centre de l'univers, tout cela disloqué et rompu par les mouvements divers des planètes de Copernic et de Galilée.

Ce ne fut que vers la fin de 1618 qu'on apprit en Belgique la condamnation de la doctrine du mouvement de la Terre. Cette condamnation avait été portée à Rome en 1616, mais elle n'avait eu qu'une publicité fort restreinte. La nouvelle refroidit singulièrement le zèle des partisans du nouveau système.

Néanmoins les esprits sérieux ne se méprirent point sur la portée de la censure. Froidmont, qui se défend d'avoir changé

(1) Lettre du 9 avril 1632 à Diodati et à Gassendi.

d'avis à la suite de ce décret, bien que le contraire ressorte assez clairement de l'ensemble de ses ouvrages, l'apprécia parfaitement. S'il se déclara hautement contre le mouvement de la Terre, il se garda bien de traiter d'hérétique l'opinion proscrite. Galilée et Copernic continuent à être cités avec les plus grands éloges dans ceux mêmes de ses ouvrages qui sont dirigés contre leur système, tels par exemple que les *Météorologiques* et l'*Ant-Aristarchus*. Bien plus, il est si loin de regarder la sentence comme définitive, qu'il admet que les Coperniciens puissent se retrancher derrière l'interprétation figurée des textes de la sainte Écriture qu'on leur oppose. Dans son *Vesta*, réponse au Copernicien protestant Van Lansberge, il écrit : « Je n'oserai pas encore accuser Copernic d'hérésie manifeste, tant que je ne verrai pas une décision plus expresse du chef de l'Église. »

C'était, du reste, le sentiment de tous les bons esprits de cette époque. Il y eut même, après cette première condamnation, et après celle de 1633, qui fut officiellement publiée, des savants fort catholiques qui ne crurent pas devoir se départir de leur adhésion au système. Au nombre de ces savants furent deux hommes dont la Belgique est fière à bon droit, le chanoine René-François Sluse, à Liége, et, avant lui et surtout, le curé Wendelin. Les ouvrages de ce dernier professent ouvertement la doctrine copernicienne. Néanmoins il ne fut jamais inquiété.

D'ailleurs Froidmont lui-même, et bien d'autres avec lui, ne rejetèrent du système que les points expressément censurés par le Saint-Office. La théorie d'Aristote avait eu trop visiblement le dessous dans ce débat pour qu'on se résignât à y revenir. Froidmont, Geulincx, Philippi, à Louvain; d'autre part, les jésuites Malapert et André Tacquet, le cistercien Caramuel, Rheita, etc. s'attachèrent à Tycho-Brahé, qui faisait tourner les planètes autour du Soleil, et celui-ci autour de la Terre. Ainsi cette dernière restait immobile, et l'obéissance aux décrets du Saint-Office était sauve en même temps que le fond du système copernicien, autant qu'il pouvait l'être.

N'était-ce pas, après tout, le parti le plus sage ? Il ne faut pas perdre de vue qu'à ce moment le mouvement de la Terre n'était établi par aucune des preuves convaincantes que nous en possédons actuellement. Il n'avait alors que la probabilité qu'il devait à la séduisante et harmonieuse simplicité de l'explication copernicienne, et il avait contre lui, sur le terrain purement scientifique, non seulement toute la formidable puissance de la tradition et des préjugés péripatéticiens, mais encore des objections fort

spécieuses appuyées sur les notions fausses qui régnaient alors en mécanique. Tel est ce fameux argument d'Aristote, si souvent reproduit à cette époque, que si la Terre tournait de l'ouest à l'est, un corps lancé en l'air devrait retomber à l'ouest bien loin de son point de départ. On n'en rencontre guère de réfutation satisfaisante avant le P. Malapert.

Plus tard, il est vrai, les découvertes astronomiques, qui se succédèrent rapidement, augmentèrent cette probabilité, en même temps qu'on arrivait à démontrer l'inanité des objections traditionnelles de l'école. Mais le décret était toujours là qui défendait l'enseignement public de la doctrine, et on s'y conforma fidèlement en Belgique pendant un demi-siècle.

Pourtant ce serait une erreur grossière de croire qu'il en soit résulté un arrêt désastreux dans la marche de la science. Après tout, la science pouvait marcher avec le système de Copernic regardé comme une simple hypothèse. Au besoin, elle le pouvait même avec celui de Tycho-Brahé. Et elle marcha. Les livres et les thèses de cette époque nous montrent que les mémorables découvertes des Galilée et des Newton, en mécanique, en physique, en astronomie, furent accueillies avec empressement et passèrent rapidement dans les idées reçues, alors même qu'elles avaient pour auteurs des partisans avoués ou secrets de Copernic.

Vint ensuite l'invasion du cartésianisme à Louvain. Les idées de Descartes avaient commencé de bonne heure à s'infiltrer dans le corps académique, mais sans guère réussir à se faire des adeptes déclarés. A partir de 1671, après la mort de Plempius, le grand défenseur du péripatétisme, elles firent de sérieux progrès, et un moment vint où les Cartésiens se trouvèrent en majorité parmi les professeurs. Descartes ramena Galilée et Copernic. Ce fut plus, sans doute, à cause de son opposition à l'aristotélisme, que pour le nouvel appui qu'il leur apportait.

Toujours est-il que le système et les méthodes de Galilée commencèrent peu à peu à gagner du terrain. En 1669, les élèves du cours supérieur de philosophie au collège du Faucon se cotisèrent pour enrichir la bibliothèque de cet établissement « d'instruments mathématiques et hydrogagiques ». En 1672 débuta dans ce même collège un professeur, Dominique Snellaerts, qui se rendit fameux, au témoignage des contemporains, par son application à « réintroduire la bonne physique, fondée sur des expériences ». Un des élèves de Snellaerts, et plus tard son collègue, Martin Van Velden, mérita le même éloge. Esprit hardi

et indépendant, trop hardi sans doute, mais incontestablement au-dessus de l'ordinaire, il se montra cartésien décidé, ardent à embrasser toutes les idées nouvelles, et attaché surtout à celles du grand Huygens. Sa hardiesse, à deux reprises différentes, mit le désarroi dans la Faculté des arts.

Au mois de janvier 1691, il avait rédigé deux thèses destinées à être défendues publiquement par ses élèves dans les exercices ordinaires des étudiants en philosophie. La première enseignait la doctrine cartésienne sur l'essence de la matière : elle passa sans réclamations. La seconde affirmait avec Copernic le double mouvement, diurne et annuel, de la Terre. Elle allait donc ouvertement contre les décrets du Saint-Office. La Faculté ordonna au professeur de la modifier ; celui-ci refusa, et malgré toutes les mesures disciplinaires prises contre lui, il s'opiniâtra à maintenir sa thèse. Il fallut l'intervention de l'Internonce de Bruxelles pour obtenir sa soumission.

Chose curieuse ! Peu s'en fallut qu'il ne triomphât sur le fond du débat. Le prélat ne s'était point opposé à ce qu'il maintînt sa thèse copernicienne, à la seule condition d'y ajouter qu'il entendait se conformer aux décisions de l'Église. Ce ne fut que sur les représentations des délégués de l'Université qu'il revint sur cette concession, et fit retirer la fameuse thèse.

La paix ne fut pas de longue durée. Six mois ne s'étaient pas écoulés que l'obstiné Van Velden s'attirait de nouveaux désagréments. Ses thèses du mois de juillet contenaient une série de propositions tirées de Descartes et de Huygens, et de plus attaquaient vivement non seulement la doctrine reçue dans toutes les écoles, mais encore les méthodes mêmes d'enseignement, de discussion et d'examen. Cette fois encore, l'origine ou l'occasion du démêlé fut la seule thèse du Système du monde.

Cette seconde affaire prit des proportions considérables. Van Velden obtint même en sa faveur une sentence du Conseil de Brabant. Mais le Recteur et la Faculté, vigoureusement appuyés par l'Internonce, parvinrent à faire casser l'arrêt par le Conseil privé. Pourtant on n'exigea point de Van Velden l'abandon des doctrines qui avaient donné lieu au différend ; et ce qui montre bien qu'en 1691 on n'attachait plus à la prohibition de 1616 et de 1633 la même importance, l'Internonce, désireux avant tout de rétablir la bonne entente, et content d'avoir fait triompher l'autorité, conseilla au Recteur de ne pas inquiéter son professeur sur ses doctrines astronomiques, pourvu qu'il consentît à les soumettre au jugement du Saint-Siège.

Aussi ne voit-on pas que l'opiniâtre Copernicien ait sacrifié ses convictions scientifiques à l'amour de la paix. Des thèses de 1695, que nous avons encore de lui, affirment aussi nettement que celles de 1691 toute la physique de Descartes et son système du monde, en évitant seulement, par prudence sans doute, de mettre explicitement la Terre au nombre des planètes. Il est fort probable, du reste, que, même en 1691, personne n'eût trouvé mauvais qu'il défendît cette opinion, s'il ne l'avait fait avec une espèce d'ostentation blessante pour ses collègues.

Quoi qu'il en soit, le système de Copernic ne fit que gagner à Louvain depuis cette époque. Le dix-huitième siècle l'y trouva sans doute solidement établi. Nous possédons des thèses de l'abbé Grosse, professeur à Louvain à partir de 1717. Il y est fait profession ouverte de cartésianisme et de "copernicanisme„, bien que le système soit encore qualifié d'hypothèse : il y est même dit : " Autour du Soleil tournent les planètes, au nombre desquelles on doit compter notre Terre. „ Nous ne voyons pas que l'abbé Grosse, aussi bien que son collègue Engelbert, dont l'enseignement était le même, ait jamais été inquiété pour cette opinion. En 1774, pour la première fois, dans les thèses du professeur Van Leempoel, nous trouvons une affirmation absolue et sans restriction : " Le système de Copernic doit absolument être embrassé. „ Il est vrai que, depuis 1758, le système de Copernic ne figurait plus au nombre des doctrines prohibées par l'Index.

Au Collège anglais des jésuites de Liége, c'est à la même époque, en 1772, que nous voyons pour la première fois un professeur, le P. Semmes, l'admettre intégralement. En 1728, le P. Kingsley ne lui marchandait pas son admiration, mais il ne lui donnait que la valeur d'une hypothèse ingénieuse.

Le Séminaire de Liége n'avait pas attendu aussi longtemps pour manifester ses préférences. L'indépendance d'idées et la hardiesse que nous avons constatées chez Sluse et Wendelin au temps même de la prohibition, semblent s'être perpétuées dans la Principauté. Des thèses de 1689 rejettent Tycho-Brahé aussi bien que Ptolémée. Celles d'Arnold Deschamps, en 1691, sans aller jusqu'à l'affirmation expresse et précise, ne sont pas moins coperniciennes que celles de Van Velden, qui, la même année, révolutionnaient l'université de Louvain. L'affirmation pure et simple se rencontre, dès 1729, dans les thèses de Guillaume Duvivier. On lit dans sa première thèse de physique : le troisième élément constitue les planètes, " parmi lesquelles est notre Terre. „

Répétons-le, en terminant ce court aperçu : nul ne regrettera les heures employées à parcourir le beau travail de M. Monchamp. Pourtant, s'il nous était permis de formuler une légère critique, nous voudrions appeler l'attention de l'auteur sur quelques négligences de style qui semblent dues à une trop grande hâte. Signalons encore deux erreurs qu'il faut sans doute rapporter à cette même cause. A la page 161, M. Monchamp, parlant de la lunette astronomique actuelle, lui donne un *oculaire* et trois *objectifs*. A la page 89, il semble attribuer à la force centrifuge la déviation vers l'est des corps en chute libre. Ces distractions, faciles à réparer dans une nouvelle édition, ne diminuent en rien le mérite éminent du livre.

V. SCHAFFERS, S. J.

VII

COURS D'ALGÈBRE ÉLÉMENTAIRE, par l'abbé F. VERHELST, docteur en philosophie, licencié en sciences physiques, professeur au Collège Saint-Jean-Berchmans à Anvers. — *Tome deuxième :* le calcul des radicaux ; les équations du second degré ; les progressions et les logarithmes ; la formule du binôme. — Bruxelles, E. Ramlot, 1891.

On retrouve, dans le tome II du *Cours d'algèbre* de M. l'abbé Verhelst, les caractères qui distinguent le tome I : même clarté de principes, même abondance de développements, même simplicité et même ampleur d'exposition, sans sacrifice aucun de la rigueur des démonstrations. Nous renvoyons le lecteur à notre compte rendu du tome I, pages 638-641 de la livraison d'octobre 1890 de la *Revue des questions scientifiques,* nous bornant ici à quelques remarques particulières.

1° Page 1. L'auteur définit la racine n^e d'un nombre a, non puissance n^e parfaite, la limite des nombres dont les n^{es} puissances ont pour limite a (1).

2° Page 37. Dans la discussion des racines de l'équation du second degré, pour le cas $a = 0$, l'auteur, après avoir fait

(1) La première note de la page 2 indique le sens exact dans lequel il faut entendre cette définition. (P. M.)

remarquer qu'on peut multiplier les deux termes de la fraction $\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ par le facteur *non nul* $-b-\sqrt{b^2-4ac}$, supprime, quelques lignes plus loin, le facteur *nul* a dans les deux termes de la fraction obtenue. Cette inconséquence se rencontre dans beaucoup de traités d'algèbre élémentaire.

3° Page 63. L'auteur rattache à la discussion des problèmes du second degré quelques questions de maximum et de minimum, très bien choisies et en général très bien résolues.

4° Page 69. L'auteur donne une note la démonstration d'un théorème sur les inégalités. Nous aurions désiré voir consacrer un chapitre spécial à la théorie des inégalités, dont les applications sont si nombreuses en algèbre, et dont l'auteur n'a donné que quelques principes incomplets, page 31 du tome I.

5° Page 70. La démonstration *à priori* du premier point de la discussion de la fraction du second degré ne sera pas, croyons-nous, vu sa trop grande concision, saisie immédiatement par les élèves. Nous aurions préféré voir déduire, directement par le calcul, le signe positif de $b'^2 - 4a'c'$ de l'hypothèse faite : racines réelles et égales ou racines imaginaires.

6° Page 78. La discussion des racines de l'équation bicarrée est écourtée, malgré son importance et contrairement à l'habitude de l'auteur.

7° Page 83. L'auteur aurait pu généraliser la définition des équations réciproques, et montrer que la forme générale de l'équation réciproque du quatrième degré est $ax^4 + bc^3 + cx^2 + bkx + ak^2 = 0$: sous cette forme, on voit que l'équation ne peut admettre la racine x' sans admettre aussi la racine $\frac{k}{x'}$.

8° Pages 83 et suivantes. Le chapitre de la résolution des équations binômes est largement développé. L'auteur y résout les équations de la forme $x^m \pm 1 = 0$, pour les valeurs 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de m.

9° Pages 95 et suivantes. Le chapitre de la résolution des équations du second degré à plusieurs inconnues renferme 22 systèmes d'équations résolus et 35 proposés.

10° Pages 113 et suivantes. Dans la quatrième partie, l'auteur donne la théorie des logarithmes en les définissant par les progressions, puis par la fonction exponentielle, et montre la concordance des deux définitions.

11° Pages 174 et suivantes. Contrairement à l'usage suivi dans l'enseignement des humanités, l'auteur introduit ici deux chapitres nouveaux : l'un traite, d'une manière très succincte

d'ailleurs, des arrangements, permutations, combinaisons et probabilités; l'autre donne la formule du binôme. Vu la fécondité de cette dernière formule, c'est une heureuse innovation.

En résumé, l'*Algèbre* de M. Verhelst satisfait à toutes les exigences d'un enseignement sérieux et mérite d'être mise entre les mains des élèves. Elle remplacerait avec avantage les manuels ou trop difficiles, ou inexacts et obscurs, ou enfin incomplets, conservés dans beaucoup d'établissements. Surtout elle devrait prendre la place de ces cours dictés qui, souvent remplis de lacunes et d'incorrections, font perdre un temps précieux au maître et aux disciples.

H. Gelin.

VIII

La Fortification de l'avenir d'après des auteurs anglais. — *Considérations sur les camps retranchés improvisés, les enceintes et les réduits*, par le général Brialmont (1).

L'analyse de cet article semble avoir sa place marquée dans la *Revue des questions scientifiques*. Il complète les deux publications du lieutenant général Brialmont dont nous avons rendu compte ici même (2). Cet ensemble de travaux, fait remarquer la Direction de la *Revue de l'armée belge*, renferme tout ce qui peut être utilement opposé aux ennemis de la fortification permanente et aux partisans de la nouvelle école dont l'éminent ingénieur et écrivain militaire belge est l'adversaire déclaré.

Les deux ouvrages dont s'occupe le général Brialmont sont un livre du major du génie Sydenham Clarke : *Fortification : its Past Achievements, Recent Development and Futur Progress*, novembre 1890, et une étude sur les camps retranchés et les forts détachés, par le capitaine du génie Jackson, parue en 1887 dans les *Professional Papers*.

Ils sont, en matière de fortification, la quintessence des idées professées par des officiers anglais qui appartiennent à la *nouvelle école*, assez bruyante, signalée déjà aux lecteurs de la *Revue* et qui veut supprimer toute distinction entre la fortification permanente et la fortification passagère.

(1) *Revue de l'armée belge*, 1890-1891, t. IV, pp. 5-50 et 1 croquis.

(2) *Revue des questions scientifiques*, juillet 1890, pp. 229-248, et avril 1891, pp. 599-608.

Les ingénieurs du passé et du présent ne trouvent pas grâce auprès du major Clarke. Il veut rompre avec eux, faire du neuf et dépenser peu.

Convaincu de l'innocuité du tir plongeant avec obus-torpilles, l'écrivain d'outre-Manche n'entend pas faire usage de coupoles; il propose un type de fort avec voûtes de $1^{m},20$ d'épaisseur seulement. Si le major Clarke s'était entouré de tous les éclaircissements voulus; s'il n'avait pas admis *ne varietur* une expérience faite en 1885-1886 au polygone de Cotroceni, près de Bucharest, où un mortier de 21 cm., malheureusement servi par des artilleurs de campagne, lança sans succès, à la distance de 2500 mètres, cent soixante-quatre obus contre deux coupoles; s'il avait porté son attention sur les résultats d'un grand nombre de tirs exécutés d'après toutes les règles voulues, dans les polygones allemands, avec des mortiers et des obusiers de 21 cm.; s'il avait analysé avec plus de soin des essais faits à Lydd en 1886, essais si incomplets et si peu décisifs qu'on n'en peut faire état, mais dont il déduit avec empressement que l'artillerie n'aura pas raison de ses forts et qu'ils opposeront à l'attaque une résistance énorme, — il se serait dit que deux projectiles peuvent creuser leur entonnoir à la même place, et aurait donné aux voûtes de ses forts, non pas $1^{m},20$ d'épaisseur, mais de $2^{m},50$ à 3 mètres, comme l'ont admis les sommités de l'art défensif moderne.

Mieux que ça. N'aurait-il pas été amené à juger plus judicieusement l'utilité des coupoles, et aurait-il pu affirmer que les expériences de Cotroceni n'avaient prouvé que la supériorité de la calotte de forme sphérique sur la calotte de forme cylindrique?

Pour tout esprit non prévenu, les tirs exécutés en 1885-1886 près de Bucharest, et ceux non moins concluants du camp de Châlons en 1887, ont fait éclater au grand jour la remarquable résistance des coupoles et la supériorité de leur tir, tant en vitesse qu'en précision, sur celui des batteries à ciel ouvert.

Le général Brialmont signale qu'on ne peut étayer son argumentation que sur des résultats de polygone. Or la supériorité des canons en coupole sur des canons à ciel ouvert sera bien plus grande dans un combat réel. Les servants, protégés par la cuirasse, pointeront avec beaucoup plus de sang-froid, tandis que ceux des bouches à feu à ciel ouvert, exposés à tous les coups, seront nerveux et tireront moins bien.

Lorsque le major Clarke propose de substituer, à l'armement d'une coupole non à éclipse, un canon sur affût hydro-pneuma-

tique permettant l'éclipse, ou un canon tirant à barbette et pouvant se déplacer rapidement, le critique répond qu'un seul obus-torpille, tombant à proximité, mettra hors de combat l'une et l'autre bouche à feu. Les canons en coupole au contraire sont à l'abri de ces projectiles et n'ont à redouter que les coups d'embrasure. Or, " ces coups sont très difficiles à obtenir contre des coupoles du type adopté par la Belgique, dont les embrasures sont complètement obturées et dont les canons ne dépassent pas le cuirassement. „

Pour le prix d'une coupole, dit l'officier anglais, on peut avoir six canons mobiles tirant à barbette, qui sont d'un effet " infiniment plus efficace „. Cette efficacité n'existe qu'au début de l'action; une batterie de mortiers ou d'obusiers aura vite démonté ces six canons, tandis qu'elle n'aura pas réduit au silence les bouches à feu des coupoles. " C'est cette longue invulnérabilité qui doit faire préférer l'artillerie cuirassée à l'artillerie à ciel ouvert. En procurant à celle-ci l'avantage d'une grande mobilité, on pourra certes diminuer son infériorité, mais non la faire disparaître complètement. „

" La grande supériorité qu'a eue, à toutes les époques, l'attaque sur la défense, réside dans l'emploi d'une artillerie mobile contre un armement immobilisé dans les fortifications. „

L'histoire des sièges vient controuver cette observation du major Clarke. Les vraies causes de la supériorité de l'attaque ont été: " l'établissement de l'artillerie sur des remparts exposés aux feux d'enfilade et de revers, la disposition vicieuse des flancs qui, dans la plupart des cas, pouvaient être combattus de lôin, et la possibilité de donner aux batteries de l'attaque une disposition enveloppante „. Tous ces avantages disparaîtront avec les grandes places à camp retranché, les coupoles et la mise à point des batteries flanquantes.

D'ailleurs l'artillerie de l'attaque ne s'est jamais montrée *mobile*; aujourd'hui encore elle n'abandonne que partiellement une première position fixe pour occuper une deuxième et dernière position, également fixe, dont le feu décide du sort de la place; elle a même des tendances à établir ses batteries à 2000 ou 3000 mètres de l'ouvrage attaqué, de manière à n'avoir plus à déplacer aucune bouche à feu.

Ces batteries seront alors établies en deux échelons; le plus rapproché de la place devra être protégé contre les sorties par une parallèle.

Un avantage incontesté de l'attaque, c'est le réglage du tir.

Elle a plus de facilité pour viser l'armement de forts d'un grand relief, que n'en a la défense pour exécuter ses salves contre les batteries basses de l'assiégeant.

Mais est-ce une raison pour supprimer l'artillerie dans les forts? Ne vaut-il pas mieux au contraire la cuirasser?

Pour être fixé sur la valeur de ces deux solutions, voyons le rôle dévolu aux forts d'un camp retranché.

Le major Clarke est d'avis que ces forts ne doivent servir qu'à flanquer les batteries de circonstances établies dans leurs intervalles, ou mieux que les camps retranchés doivent être organisés comme des positions de combat et qu'ils ne doivent plus être composés d'une "ceinture de forts monumentaux et d'une enceinte *moyenageuse* „. Aussi le type de son camp retranché, sur lequel le général Brialmont donne d'amples détails, est constitué par une ceinture de redoutes pour infanterie espacées de 2500 yards, dans les intervalles desquelles sont établies des batteries à feux directs, et en deuxième ligne, des batteries à feux indirects.

Voici la boutade que le savant ingénieur belge lance à ces redoutes.

Elles ont si peu d'importance, dit-il, et leur action sur le terrain des attaques est si faible, qu'il ne sera pas nécessaire de s'en emparer. Pour les annihiler, on les bombardera avec des obus-torpilles avant et pendant que les troupes se porteront à l'attaque des intervalles. Ni les hommes ni les mitrailleuses ne pourront, sous ce feu, occuper leurs remparts découverts, sans traverses ni parados.

Remarquons que l'officier anglais veut des forts sans fossé, ou exceptionnellement, avec un fossé revêtu, sans flanquement et large de 16 pieds seulement. Telle n'est pas l'opinion des princes de la science. Le général Brialmont soutient que," de tous les obstacles à l'attaque de vive force et à l'attaque pied à pied, le plus efficace est le fossé „, et le général d'artillerie bavarois von Sauer, le partisan le plus convaincu de l'efficacité des attaques de vive force, considère " le fossé comme le plus important moyen de mettre un ouvrage à l'abri de l'assaut „.

Malgré le mépris du major Clarke, son fossé sera vite franchi au moyen de ponts volants; le général Brialmont les tient pour si dangereux qu'il évite de construire des fossés de moins de 12 mètres de largeur.

Encore un dédaigneux de la fortification permanente, le capitaine Jackson. Il reconnaît avoir suivi les indications et les conseils du major Clarke. Hostile comme lui à l'emploi des coupoles et partisan exagéré des défenses accessoires, son type de fort est identique à celui dont nous venons de nous occuper. Pour cet officier, la mousqueterie, qui a tout modifié, et les défenses accessoires, haies en fil de fer, etc., suffisent pour préserver un ouvrage de la prise de vive force.

Messieurs Clarke et Jackson trouvent leurs forts presque imprenables: ils ne les renforcent donc pas par des réduits.

Le général Brialmont patronne ce complément de défense seulement pour les forts situés sur la ceinture d'un camp retranché, en des points d'une importance si décisive qu'on doit pouvoir les disputer à l'ennemi avec la plus grande opiniâtreté et les reprendre après qu'ils sont tombés en son pouvoir.

Si le fort est construit en terrain aquatique, l'utilité du réduit est encore plus grande. Il préserve le fort " de l'attaque de vive force, qui offre de grandes chances de succès quand la gelée est si intense qu'on ne peut tenir la glace ouverte sur une largeur convenable; c'est une des raisons qui ont fait donner un réduit à dix forts de la position d'Anvers. „

D'après Vauban, Cormontaigne, Bousmard, Todleben, qui ont fait la guerre, le réduit rend possible la défense énergique et prolongée des brèches, et n'engage pas, contrairement à l'opinion du capitaine Jackson, les défenseurs à se retirer plus vite que si le réduit n'existait pas.

Qu'on ne dise pas que les réduits ne pourront pas résister aux obus des batteries de l'attaque. Les ingénieurs pourront y adapter des coupoles, comme il en existe à l'un des forts d'Anvers et à plusieurs forts de Bucharest.

Le général Brialmont, pris personnellement à partie, se borne à signaler les expressions choisies du major Clarke et à opposer l'avis de l'illustre Todleben, lorsque l'officier anglais se montre discourtois envers les ingénieurs qui attribuent aux ouvrages permanents l'importante propriété d'exiger pour leur défense moins d'hommes que les ouvrages passagers.

Le capitaine Jackson trouve inutile de mettre le noyau d'un grand pivot stratégique (il en excepte toutefois les forts et les villes très importantes) à l'abri du bombardement, parce que la ligne de défense devrait être trop étendue, les batteries de l'adversaire pouvant être établies à une distance de 14 000 à 15 000 yards.

Or il est impossible de bombarder efficacement une place à 3 lieues de distance. De l'avis général des artilleurs, une ville est suffisamment protégée contre les obus incendiaires quand les forts se trouvent à 7 ou 8 kilomètres des limites de la ville.

Le général Brialmont veut-il nous permettre de remarquer que les ouvrages de la ligne avancée de la position d'Anvers sont éloignés de l'enceinte de 9 à 14 kilomètres ?

Les camps retranchés, d'après le major et le capitaine du génie anglais, ne doivent pas avoir un noyau fortifié, parce qu'il ne prolonge pas la durée de la défense.

Or Vauban, von Sauer, les commissions françaises de 1818, 1833 et 1836, les chefs actuels de l'artillerie et du génie en France, les généraux de la guerre de la sécession, proclament bien haut l'utilité des enceintes. Le major Lewis, compatriote des deux auteurs dont nous nous occupons, fait remarquer judicieusement (1) que, du moment où l'on ne soutient pas la ligne avancée par une enceinte, « il n'y a plus de différence essentielle entre un camp retranché et une position retranchée de campagne, entre la fortification et la tactique. »

Le major Clarke prétend qu'Anvers est la seule place à camp retranché, construite depuis l'invention des canons rayés, qui ait été pourvue d'une enceinte.

Sous forme de réfutation, le général Brialmont signale à son contradicteur toute une série de places fortes qui sont dans le cas de la métropole commerciale belge.

Puis il résume les arguments produits en faveur des enceintes.

A. L'enceinte donne de la sécurité aux habitants, prévient les paniques et les émotions qui peuvent dégénérer en émeutes, et double ainsi la force morale des défenseurs du camp retranché.

B. Plus les forts sont éloignés, plus il est facile à l'ennemi de pousser une pointe hardie vers l'intérieur du camp, pour incendier et détruire les approvisionnements, jeter l'effroi dans la population et provoquer une capitulation prématurée; plus il est facile aussi, après la prise de deux ou trois forts, d'occuper le centre de la position et d'attaquer les autres forts par la gorge. Une enceinte rend impossibles l'une et l'autre opération.

C. L'enceinte assure le bon fonctionnement des services généraux réunis au centre de la position et relie entre eux, par l'appui qu'elle donne à leurs réserves spéciales, les divers secteurs du camp retranché.

(1) *Permanent Fortification for English Engineers.* Chatham, 1891.

D. Lorsqu'il n'y a pas d'enceinte et que la ligne des forts est infranchissable de *vive force,* l'attaque s'empare *pied à pied* de deux ou trois forts, après quoi tout est fini, tandis que, s'il y a une enceinte, un nouveau siège est nécessaire et la durée de la défense augmente beaucoup.

Le major Clarke ne veut plus que des camps retranchés sans enceinte de sûreté, avec forts ou redoutes pour infanterie, batteries intermédiaires et tranchées-abris.

Il invoque à l'appui de son opinion les résultats obtenus dans les défenses de Sébastopol et de Kars en 1855, du camp retranché de Duppel en 1864, des places de Vicksburg, Petersburg et Atlanta dans la guerre de sécession, et du camp retranché de Plevna en 1877.

C'est avec la plus grande facilité que le général Brialmont établit l'inexactitude des conclusions tirées de ces défenses. Pour Sébastopol notamment, il a le témoignage de Todleben lui-même. Après avoir déclaré que la place n'était pas à l'abri d'un coup de main, l'illustre officier général russe dit dans sa relation officielle : " Le siège de Sébastopol vient encore vérifier une fois de plus l'opinion rationnelle, que les hommes de guerre n'avaient jamais cessé d'affirmer, à savoir qu'il est toujours nécessaire de protéger les points stratégiques importants en érigeant, en temps de paix, des *ouvrages permanents* à l'abri d'un coup de main et dotés d'une quantité suffisante de casemates pour y abriter la garnison et les approvisionnements. "

Les preuves tirées de la guerre de sécession manquent aussi de base. Les principes appliqués dans la construction des camps retranchés américains sont tout différents de ceux que préconisent les adversaires des camps retranchés permanents. Ces derniers trouvent qu'une seule ligne d'ouvrages suffit. Or Atlanta, Mobile, Richmond avaient deux et trois lignes de défense. Si Vicksburg, Petersburg, Washington étaient moins bien fortifiés, leurs retranchements, leurs redoutes et leurs fortins, tout comme ceux des autres places, étaient toujours flanqués. En outre, les ouvrages détachés des places américaines étaient tous armés de canons, comme ceux de Sébastopol, de Kars, de Duppel et de Plevna, et nullement disposés pour l'infanterie seulement, comme le voudraient quelques ingénieurs anglais, allemands et français.

Sous forme d'observation finale, le général Brialmont résume ainsi sa critique : " Des faits et des considérations que nous venons d'exposer, on peut tirer la conclusion qu'un camp

retranché composé d'une ceinture de forts permanents, sans enceinte de sûreté, opposera à l'attaque pied à pied, et surtout à l'attaque de vive force, moins de résistance qu'un camp retranché composé d'une ceinture de redoutes, de batteries et de tranchées, et d'un noyau central imprenable d'emblée. Dans les deux cas, la ceinture devra être attaquée pied à pied, mais dans le second, après la prise des redoutes, une nouvelle attaque pied à pied sera nécessaire pour prendre l'enceinte. Il en résultera un notable accroissement de la durée de la résistance.

„ La supériorité d'une ceinture de forts permanents, armés de canons cuirassés, sur une ceinture de forts permanents ou passagers organisés seulement pour une défense d'infanterie, réside dans ce fait que la seconde, s'il y a une enceinte à l'intérieur, sera plus facile à attaquer pied à pied que la première, et, s'il n'y en a pas, pourra être emportée de vive force par une attaque contre les intervalles, opération qui aurait bien peu de chances de succès contre des intervalles limités par des forts à coupoles pouvant battre les assaillants en flanc pendant l'attaque et les prendre ensuite à revers pendant qu'ils s'avanceraient vers le gros de l'armée défensive.

„ Le maximum de résistance sera donc obtenu par des camps retranchés composés d'une ligne de forts à coupoles et d'une enceinte imprenable de vive force. „

F. Van Ortroy,
lieutenant de cavalerie.

IX

Cours élémentaire de géologie stratigraphique, par Ch. Vélain, chargé de cours à la Faculté des sciences de Paris. — 4e édition, avec 435 figures dans le texte et une carte géologique. — Paris, 1892, chez Savy.

Les bons traités élémentaires se multiplient de notre temps pour la géologie comme pour les autres branches des sciences naturelles. Que nous sommes loin du temps où nous faisions nos études et où l'on ne possédait guère que le cours de Beudant, les *Principes* de Lyell, et les traités de d'Omalius et de la Bèche! Voici sous nos yeux un livre récent, déjà parvenu à la 4e édition, et aussi utile à consulter pour le professeur que pour l'élève. Dans ce cours élémentaire de 580 pages, M. Vélain expose avec

infiniment d'ordre et de méthode les grands faits acquis à la géologie, et nous ajoutons que ces faits y sont présentés dans l'esprit de la science contemporaine. Tous les manuels élémentaires, notamment ceux qui voient le jour en France, n'ont pas ce mérite. Dans celui-ci, rien de suranné. Les méthodes d'investigation qui sont exposées, les vues et les principes de coordination qui guident l'écrivain sont bien ceux que nous voyons à l'ordre du jour.

Il est aisé de voir que M. Vélain s'est inspiré souvent des écrits didactiques de M. de Lapparent, et en particulier de son *Abrégé de géologie,* chef-d'œuvre sous un petit volume, où l'auteur condense en peu de mots tant de choses et d'idées, avec une aisance parfaite et dans des phrases d'une élégance accomplie. Mais M. Vélain s'écarte du savant professeur de l'Institut catholique à propos de quelques théories et aussi, comme on le verra tout à l'heure, dans la part faite à l'histoire des formations fossilifères.

Après quelques phrases d'introduction générale, l'auteur aborde les phénomènes actuels; ceux qui dépendent des agents extérieurs d'abord, et ensuite ceux qui se rattachent à l'intérieur du globe. Nous avons remarqué les pages consacrées aux glaciers, celles plus remarquables encore concernant les phénomènes volcaniques où l'auteur possède une compétence universellement appréciée. Partant de l'accroissement de la température avec la profondeur, ainsi que des actions hydrothermales et volcaniques, M. Vélain admet une masse fluide à l'intérieur du globe dont la contraction par cause de refroidissement entraîne le resserrement tangentiel de la croûte extérieure, laquelle doit se plisser nécessairement. La partie exhaussée de ces plis de l'écorce répond aux reliefs montagneux, la partie déprimée au creux des océans. La zone où le ressaut s'accuse de la façon la plus brusque est le lieu naturel des ruptures et partant des communications de l'intérieur avec la surface : c'est donc le siège des volcans dont la distribution géographique se trouve ainsi justifiée. Ces idées ont été formulées déjà avec la plus grande netteté par M. de Lapparent; mais M. Vélain attribue plus d'importance que ce dernier à l'introduction de l'eau au foyer des volcans. Il y voit la raison du caractère explosif des laves.

Les notions générales sur la composition de l'écorce terrestre sont résumées dans la seconde partie de l'ouvrage. On y parle d'abord des dépôts sédimentaires stratifiés (composition,

fossiles, origine, âge, dérangements qui peuvent les affecter). On passe ensuite aux roches éruptives, à leur âge, à la distinction des anciennes et des récentes, et à la description lithologique de quelques types essentiels. Cette seconde partie se termine par deux petits chapitres où sont consignées des notions sur les roches métamorphiques et sur les filons.

La troisième partie est intitulée *Géologie proprement dite.* C'est la plus importante à nos yeux, non seulement parce qu'elle embrasse les trois cinquièmes du livre, mais surtout parce qu'elle nous paraît résumer d'une manière très heureuse les caractères propres, distinctifs, des grandes formations à la surface du globe. Cette troisième partie, entièrement refondue et considérablement développée, constitue le grand avantage de cette quatrième édition et en fait, à vrai dire, un livre nouveau, qui justifie parfaitement son titre de *Géologie stratigraphique.*

L'auteur, en suivant l'ordre des temps, rencontre d'abord les schistes cristallins. Il en décrit la composition et la structure, et discute en peu de pages la question toujours pendante de leur mode d'origine. Placé entre les deux écoles qui se partagent l'opinion et dont il résume les arguments, il se prononce pour la formation métamorphique de ces couches cristallines, lesquelles se seraient donc constituées à la façon des couches sédimentaires postérieures et n'auraient acquis que longtemps après leur dépôt la cristallinité qu'elles présentent. Après quoi il passe à l'histoire bien connue des étages fossilifères.

La description générale des systèmes entre lesquels est partagée l'histoire de la croûte du globe peut être présentée aujourd'hui avec plus d'ampleur et d'attrait qu'autrefois, grâce au progrès dans la connaissance des faits et aux relations qui en ressortent avec la géographie des époques anciennes. Dans son *Abrégé,* M. de Lapparent a esquissé de main de maître, mais en trop peu de pages, ce tableau des formations successives. M. Vélain y consacre trois ou quatre fois autant de pages. Il s'applique de plus près à l'examen des modifications paléontologiques propres à chaque grande période, à leurs relations avec les conditions physiques et la distribution des continents et des mers. Il y parvient en combinant les résultats les plus importants des études locales, sans entrer dans les détails de celles-ci: car l'ouvrage ne renferme que fort peu de diagrammes de coupes, choisies parmi les plus décisives, et il ne renferme pas de tableau de sections détaillées.

Je citerai comme exemple de ce précieux travail de M. Vélain, le chapitre qui traite de la formation triasique. Les caractères paléontologiques généraux du système sont marqués par le choix de quelques types de coquilles, de reptiles et de plantes, définis avec peu de mots d'explication, suffisants toutefois pour orienter des commençants. L'auteur passe ensuite en revue les trois grands *facies* du Trias : le Franconien-Vosgien, le continental Ardennais-Anglais, et le *facies* océanique ou Alpin, décomposable lui-même entre les deux provinces dites juvavique et méditerranéenne, séparées l'une de l'autre par la portion centrale des Alpes. En s'appuyant ensuite sur des documents recueillis dans tous les continents, il fait voir d'une part l'importance prépondérante de ce dernier *facies,* de l'autre les indications qu'il peut fournir sur la distribution générale des masses continentales et océaniques à cette époque reculée. Les conditions d'origine et l'importance restreinte du Trias classique de l'Allemagne centrale et des Vosges, le seul longtemps qui fût connu, se saisissent alors du premier coup d'œil. C'est en comparant les essais de coordination géologique tentés autrefois avec ceux qu'il est possible de dresser actuellement, qu'on peut mesurer les grands progrès de la géologie stratigraphique. En fait d'érudition relative aux formations sédimentaires et à leur agencement, d'Archiac n'avait probablement pas d'égal. Or il s'abuse du tout au tout sur l'importance relative des *facies* du Trias dans le chapitre relatif à cette formation et qu'il a inséré dans le dernier de ses livres : *Géologie et Paléontologie.* Par exemple, quand il écrit : « En considérant cet étrange contraste du Trias de la plus grande partie de la terre, comparé à ces espaces si bornés qu'occupe sa faune marine en Europe et quelques points de la haute Asie, ne serait-on pas tenté de se demander : Où était alors l'Océan ! » (1)

M. Vélain a traité la plupart des autres grandes formations géologiques, comme il a fait le Trias. Il décrit clairement et avec un intérêt soutenu les variations de régime et les déplacements géographiques qui ont marqué pour l'Europe ces longues périodes nommées jurassique, crétacée, éocène. Il fait suivre toutes ces transformations dans leurs traits généraux avec la plus grande aisance. Son livre, sous ce rapport, répond dans la littérature scientifique française, bien que sous un cadre plus resserré, au deuxième et admirable volume de l'*Erdgeschichte* du regret-

(1) *Op. cit.*, p. 554.

table Neumayr. Le cours élémentaire de M. Vélain est terminé par deux ou trois pages sur l'histoire de la formation du sol de la France et sur la carte géologique de ce pays.

C. de l. V. P.

X

La Creación *según que se contiene en el primer capítulo del Génesis,* por el P. Juan Mir y Noguera, de la Compañia de Jesús. Segunda editión. corregida y aumentada. — Madrid, libreria católica de Gregorio del Amo. 1890. — Grand in-8°, xix-941 pp.

La première édition de ce livre a paru à la fin de 1890 ; elle fut enlevée en peu de mois, et dès l'année suivante l'auteur se vit forcé d'en donner une nouvelle édition.

Nous ne croyons pas que, sur la question de la Création et des six jours de la Genèse, il existe un ouvrage plus complet que celui du P. J. Mir. Dans ces 941 pages, imprimées en caractères assez petits, l'auteur résume les opinions théologiques, philosophiques et scientifiques de plus de sept cents auteurs, anciens et modernes.

Il serait difficile d'analyser chacun des 52 chapitres où le savant écrivain rapporte et discute tour à tour les interprétations vraies, fausses ou erronées, émises jusqu'à nos jours sur les différents versets, ou plutôt sur chacun des mots qui composent le premier chapitre de la Genèse.

Contentons-nous d'indiquer le but de l'auteur et la solution qu'il adopte sur les points principaux de ce vaste et intéressant sujet.

En essayant de prouver la conformité de la Genèse et des découvertes modernes, nous ne voulons pas, dit le P. Mir, ouvrir des voies nouvelles à l'exégèse, mais notre but est de ranimer les catholiques au combat contre les ennemis de la foi. Ne laissons pas s'accréditer l'idée que la science contredit l'Écriture sainte. En France, en Belgique, en Allemagne, des théories fausses sont impunément mises en avant; en Espagne, elles sont dangereuses à cause de l'ardeur des esprits, qui s'y jettent à corps perdu. Gardons-nous surtout des théories *à priori :* une hypothèse n'a que la valeur des faits sur lesquels elle s'appuie.

A l'exemple des Pères, l'auteur ne voit dans le premier chapitre de la Genèse aucun système particulier de cosmogonie : Moïse décrit simplement les grandes lignes de l'histoire de l'apparition des êtres et de leurs progrès.

Dans l'*Introduction,* le P. Mir s'occupe d'abord de l'origine de l'univers. La création n'est pas nécessaire, mais convenable à l'essence de Dieu, si digne d'être connue et aimée. Dans la recherche de l'état primitif de l'Univers, le savant Jésuite se rallie à l'hypothèse de Laplace, qu'il expose assez longuement et qu'il compare avec les théories de Kant et de Faye. Finalement, l'apologiste insiste sur ce point que, si l'origine nébuleuse de notre système planétaire est diversement expliquée de nos jours, si le *quomodo* de la formation des planètes échappe à nos savants, tous cependant sont d'accord sur le fond. En attendant que l'accord existe un jour sur les détails, constatons que le fond de l'hypothèse préconisée, loin d'être opposé à la cosmogonie de Moïse, lui donne une éclatante confirmation.

Le P. Mir passe ensuite à l'examen des traditions anciennes sur l'origine des choses. Il croit y découvrir la preuve de l'existence d'un fond commun. L'unité de Dieu, le chaos, la fécondité des eaux, sont des vérités qui se retrouvent presque intactes partout. Au demeurant, la Genèse l'emporte en clarté, en simplicité, sur toutes les autres cosmogonies. Elle seule supporte le contrôle de la raison et de la science.

N'oublions pas d'ailleurs que l'Hexaméron n'est pas un traité scientifique. Il est destiné à l'enseignement religieux d'un peuple ignorant ; il est comme une table des matières résumant en termes populaires l'histoire des temps géologiques. La concordance entre Moïse et les géologues ne doit pas être considérée comme positive mais plutôt comme négative, en tant que le récit génésiaque ne contredit pas les décrets certains de la science. Il importe aussi de bien distinguer les vérités dogmatiques de celles qui ne le sont pas. Pour celles-ci, il y a toujours eu une grande liberté d'opinions.

Le P. Mir défend le caractère historique de l'Hexaméron contre les adeptes de certaines interprétations nouvelles, qui ne veulent y voir qu'un récit poétique ou une œuvre liturgique.

Nous n'irons pas jusqu'à dire avec le P. Mir qu'*Adam reçut la révélation de l'ordre successif de l'apparition des êtres,* tel que nous le décrit la Genèse. Bien moins encore ferons-nous remonter avec quelques auteurs à Adam lui-même la connaissance explicite de la semaine. Mais nous souscrivons pleinement

à cette remarque du P. Mir : Moïse eût pu diviser son récit en dix, vingt sections et plus, mais pour répondre aux intentions de Dieu, il choisit le nombre sept. C'est une division religieuse qu'adopte Moïse, plutôt qu'une classification scientifique et nécessaire.

Un chapitre tout entier est consacré à l'étude de la nature des six jours. Peu d'auteurs inclinent encore pour les jours de 24 heures, et, au surplus, ils ne s'entendent pas entre eux : les uns les font se suivre d'une manière ininterrompue, les autres intercalent, entre les six jours mosaïques, de longues périodes de siècles. Le P. Mir croit que l'hypothèse des *jours-époques* est destinée à survivre à toutes les autres explications données jusqu'ici, parce que seule elle peut répondre à toutes les difficultés. Là s'arrête l'*Introduction*.

Le corps de l'ouvrage est divisé comme suit: 1° l'ère *chaotique*, 2° l'ère *géogénique*, 3° l'ère *azoïque*, 4° l'ère *paléozoïque*, 5° l'ère *mésozoïque*, 6° l'ère *cénozoïque*, 7° l'ère *moderne*, enfin 8° l'ère *actuelle*. La première ère correspond à la période antérieure aux six jours de la Genèse ; les six ères qui suivent correspondent à ces six jours; enfin la huitième répond au 7e jour de Moïse, au repos divin.

L'ère chaotique *(La création et le chaos)*. — *In principio*. Entre tous les commentaires, l'auteur préfère celui du P. Petau : La première chose que Dieu fit fut de créer le ciel et la terre.

Creavit. Bien que ce mot ne signifie pas toujours rigoureusement *produire de rien*, il faut ici le prendre en ce sens que le Créateur donne l'être à la matière élémentaire ou aux premiers éléments des choses.

Coelum et terram. Ces expressions désignent l'universalité de la matière élémentaire. On pourrait voir sous le vocable *coelum* la matière *impondérable*, c'est-à-dire l'éther, et sous le mot *terram* la matière *pondérable*, ou la substance des corps simples.

Le chaos (Tohu vabohu). Il n'est pas aisé de résumer les explications données aux diverses époques de l'exégèse à ces mots de Moïse: *Terra erat inanis et vacua*. Le P. Mir y voit la matière élémentaire, diffuse par tout l'univers. Elle est soumise à l'action fécondatrice de l'Esprit-Saint, qui imprime à la matière la force, l'énergie. L'auteur étudie longuement la question de la matière et de la force; il montre l'erreur des matérialistes et des mécanistes; il fait voir l'accord des théories modernes sur l'énergie avec la théorie scolastique sur la matière et la forme.

1er jour de la Genèse. L'ère géogénique. — *Fiat lux*. — La

lumière n'est pas une création nouvelle. En hébreu, *iej or* marque la production des phénomènes lumineux plutôt que la création d'une substance quelconque. Chemin faisant, le P. Mir traite de l'origine de la force vive et du fameux principe de la conservation de l'énergie ; puis il s'occupe de la chaleur-mouvement, du feu central de la terre, des lois de l'univers, du règne minéral, etc.

2e jour. L'ÈRE AZOÏQUE. — *Fiat firmamentum.* — Il s'agit ici de la séparation des eaux qui entouraient tout le globe terrestre et de la formation de l'atmosphère. Alors aussi s'élaborait, d'après le P. Mir, la première écorce terrestre, la croûte, écorce fondamentale qui n'est pas proprement volcanique ni sédimentaire, mais primordiale.

3e jour. L'ÈRE PALÉOZOÏQUE. — *Appareat arida... Germinet terra.* — L'apparition de la terre-ferme ou la formation des premiers continents est suivie de l'apparition des plantes. Jusque-là la terre avait été le théâtre d'actions physiques, chimiques et mécaniques, mais, de l'aveu de tous les savants, aussi bien de ceux qui admettent l'éternité de la matière que de ceux qui la repoussent, il a fallu quelque chose pour déterminer la matière inerte à produire la vie.

Avant de chercher à pénétrer ce mystère, " cette énigme ", l'auteur examine la nature de la vie; il étudie la théorie de la cellule vivante, fait voir la fausseté de l'hypothèse dite des générations spontanées, et montre que si nos expériences conduisent à la formation de certains produits organiques, jamais cependant on n'est parvenu à créer des organismes, pas même à produire du *protoplasme.* Il faut un principe supérieur pour créer la cellule, pour l'entretenir, la restaurer, la propager. Ce principe est une chose différente de la force matérielle.

4e jour. L'ÈRE MÉSOZOÏQUE. — *Fiant luminaria.* — Il s'agit en cet endroit non de la création, mais de l'apparition des astres à travers l'atmosphère purifiée du globe terrestre. Au surplus, le P. Mir expose longuement toutes ces questions intéressantes dans l'étude du règne sidéral : les nébuleuses, les éléments de notre système planétaire, les fonctions des *deux luminaires* par rapport à la terre, l'établissement des climats, etc.

5e jour. L'ÈRE CÉNOZOÏQUE. — *Producant aquae reptile... et volatile...* — Il ne s'agit pas ici de toutes les espèces d'animaux inférieurs, qui déjà avaient paru depuis longtemps sur la terre, mais bien des monstres marins et des grands animaux ailés dont les débris se retrouvent abondamment dans les terrains secondaires des géologues.

Quel est le caractère distinctif de l'animalité? Quelle est l'essence de la vie sensitive? C'est ce que se demande ici le savant auteur; puis il passe au problème de l'*âme des bêtes;* il traite ensuite de l'apparition des espèces : il conclut que les défenseurs du transformisme manquent de raisons sérieuses pour étayer leur système. Il s'occupe enfin de l'instinct chez les animaux.

6e *jour.* L'ère moderne. — *Producat terra... bestias terræ.* — A la sixième époque de la création, qui correspond à la période tertiaire des géologues, apparaissent partout les grands mammifères, puis, à la fin du 6e jour, l'homme prend possession de son domaine : c'est la période quaternaire. Le P. Mir s'arrête surtout à la question de l'origine de l'homme; il prend à partie les divers systèmes évolutionnistes et se rallie à l'opinion qui admet pour l'humanité un règne à part, le *règne humain.* — Quand l'homme a-t-il paru sur le globe? Est-il tertiaire? Non. — L'homme quaternaire, dont les restes se retrouvent un peu partout, remonte-t-il à ces centaines de mille ans que requièrent certains auteurs? Pas davantage. Nous manquons absolument de chronomètres sérieux pour calculer la date de l'apparition de l'homme.

Vient ensuite la question de l'unité de l'espèce humaine, étudiée d'une manière très complète, puis un chapitre spécial est consacré à l'origine de l'âme humaine, à l'étude de ses facultés, ainsi qu'à la réfutation du déterminisme et du matérialisme.

Enfin l'auteur aborde le règne des esprits : l'existence des anges nous est connue par la révélation. De tout temps aussi les bons et les mauvais esprits se sont manifestés.

Quel fut l'état du premier homme dans le paradis terrestre? Qu'est-ce que l'ordre surnaturel? L'auteur répond à ces questions avec une grande érudition théologique.

7e *jour.* L'ère actuelle. — *Quievit Deus...* — Le P. Mir traite ici de la vie de Dieu, dans un langage tout à la fois élevé et onctueux. La foi éclaire réellement l'intelligence et réchauffe le cœur. Oh! qu'ils sont à plaindre ceux qui ferment les yeux à cette lumière et croient que la raison peut à elle seule satisfaire à tous les problèmes qu'elle agite! Les erreurs des matérialistes et des positivistes montrent à quels écarts peut conduire le rationalisme. Ne nous étonnons donc pas que les maîtres de la science moderne furent non seulement des spiritualistes, mais des chrétiens (1). C'est par cette considération que se termine l'œuvre du P. Mir.

(1) Qu'on lise à cet égard le bel ouvrage d'Ernest Naville : *La Physique moderne.* — Paris, Alcan.

On le voit, cette œuvre est vraiment encyclopédique ; son auteur donne partout la preuve évidente de sa profonde science, de son admirable et vaste érudition, de son excellent jugement en tout ce qui concerne spécialement l'exégèse biblique et la patrologie.

A propos de la première édition, on avait fait observer que sous le rapport scientifique, et particulièrement en ce qui touche à la géologie, l'ouvrage du P. Mir n'était pas toujours à la hauteur des derniers progrès scientifiques. La science marche si vite aujourd'hui ! (1) Dans la seconde édition, l'auteur nous avertit que " l'accueil bienveillant dont son ouvrage a été l'objet l'obligeait, à titre de reconnaissance, à retoucher son œuvre, en la mettant au courant des derniers progrès de la science ; que les additions et les modifications se trouvent disséminées dans le corps des chapitres, et appartiennent pour la plupart à la géologie, à l'archéologie et à l'astronomie. "

Nous aurions aussi à faire quelques remarques sur le système concordiste adopté par le P. Mir. Comme lui, nous croyons que Moïse raconte l'histoire des origines du monde. Comme lui, nous sommes convaincus que le récit biblique soutient parfaitement le contrôle de la science moderne. Comme lui, nous sommes partisans du système dit des *jours-époques ;* mais dans le parallélisme que le P. Mir établit entre la Genèse, d'une part, et les données scientifiques, d'autre part, nous avons peine à le suivre partout. Nous ne croyons pas que Moïse ait voulu être aussi complet, aussi savant que l'insinue notre auteur.—Le législateur hébreu ne s'est guère arrêté, pensons-nous, à l'*ère géogénique* et à l'*ère azoïque*. Pour nous, le *fiat lux* ne désigne point le premier mouvement imprimé par Dieu à la matière, pas plus que l'œuvre du second jour ne désigne la formation première de l'écorce terrestre. Non, nous placerions tout cela entre les lignes du récit mosaïque, et nous dirions simplement avec le bon sens populaire : *la terre* dont il s'agit au second verset, c'est notre planète déjà refroidie, entourée d'eaux et recevant les premiers êtres vivants. — Mais il ne s'agit pas de discuter ici les opinions du P. Mir ; nous avons voulu les faire connaître, nous avons surtout voulu montrer l'importance de son œuvre, et la nécessité où seront désormais de la consulter tous ceux qui s'occuperont des rapports de la foi et de la science. Puissions-nous avoir réussi !

T.-J. J.-S.

(1) Voir à ce sujet l'article si élogieux du Dr J. Villanova y Piera dans la *Revista contemporanea* du 31 mars dernier.

XI

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES SYSTÈMES DE MESURE USITÉS EN PHYSIQUE, par PIONCHON, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. — 1 vol. de 252 pages. — Gauthier-Villars. Paris, 1891.

C'est le premier ouvrage français qui traite avec quelque développement de la théorie des unités. Il est fait avec beaucoup de méthode et de clarté.

Divers passages suggèrent toutefois, sinon des critiques, du moins des réflexions.

Il est dit, Liv. I, ch. VII, que l'on peut ramener les expressions des rapports de toutes les grandeurs géométriques et mécaniques à des mesures de longueurs, temps et forces, et que les unités de ces trois ordres de grandeurs sont appelées fondamentales, tandis que les autres sont appelées dérivées. Au point de vue philosophique, la dénomination d'unités fondamentales appliquée aux L.T.F. ou aux L.T.M. prête à la critique; il conviendrait plutôt de les appeler unités indépendantes. Il n'y a à la rigueur qu'une unité fondamentale : c'est l'unité de longueur; la mesure du temps est l'angle de rotation diurne de la terre, et se ramène par suite à des mesures de longueurs; quant à la force ou à la masse, la loi d'attraction universelle de Newton fournit un moyen de faire dériver leurs unités des unités de longueur et de temps. Si on garde trois unités fondamentales, cela tient à deux raisons : 1° la constante de la loi de Newton étant mal déterminée, l'unité de masse serait mal définie; 2° en rattachant les unités des diverses grandeurs au plus petit nombre d'entre elles, on a l'avantage de soulager la mémoire quand on écrit des relations entre ces grandeurs; on peut même, comme on le voit au ch. VIII, simplifier ces équations. Mais il y a aussi un inconvénient pratique à cette réduction du nombre des unités fondamentales : c'est; par exemple si l'on faisait de l'unité de masse une unité dérivée des unités de longueur et de temps, de ne pouvoir changer celles-ci sans changer celle-là, ce qui peut être une complication.

La théorie de l'homogénéité en géométrie et en mécanique (Liv. I, ch. IX) appellera plus particulièrement nos observations.

Toutes les relations de la géométrie euclidienne sont indépendantes de l'unité de longueur; autrement dit, elles sont homogènes. M. Pionchon oublie de dire que ce ne serait plus vrai avec

la géométrie non euclidienne; admettre le principe d'homogénéité en géométrie revient en effet, comme l'a montré Legendre, à admettre le postulatum d'Euclide.

A propos de l'homogénéité en mécanique, nous croyons devoir entrer dans quelques explications. Comme nous l'avons dit plus haut, on peut faire dériver les unités de temps et de masse de l'unité de longueur; on ne le fait pas généralement et on garde trois unités fondamentales. Dans toutes les relations de la mécanique, il faut spécifier quelles sont ces trois unités, car les coefficients de ces relations changent quand on change la valeur des unités. Il n'y a d'exception que si la relation est homogène par rapport aux trois sortes de grandeurs fondamentales. Contrairement à ce que dit M. Pionchon, c'est là un cas qui doit être exceptionnel, et nous pensons que l'on a tort de dire *à priori* que les relations de la mécanique doivent être homogènes par rapport aux L.T.M. Que penser alors de ces procédés ingénieux, mais que nous croyons peu logiques, qui prévoient, au moyen du principe d'homogénéité, la forme des relations entre grandeurs mécaniques? Tout au plus faut-il les admettre pour retrouver une relation oubliée quand on sait que cette relation est homogène par rapport aux L.T.M., et ce n'est plus alors qu'un artifice d'écolier auquel la mémoire fait défaut (1).

Mais, comme M. Ledieu l'a fait observer, on peut entendre le principe d'homogénéité autrement, et il peut rendre des services pour la vérification des calculs. En général, il entre dans les relations entre grandeurs physiques des constantes à dimensions, c'est-à-dire des coefficients qui changent de valeurs numériques

(1) M. Ledieu (qui n'est d'ailleurs pas cité par M. Pionchon) avait approfondi cette question. Nous croyons bon de reproduire le passage d'une note qu'il a publiée dans les *C. R.*, tome 96. « Il convient de n'accepter que sous réserve l'hypothèse *à priori* de l'homogénéité de relations concrètes inconnues entre des grandeurs données, pour prévoir ces relations ou au moins leurs principaux linéaments, voire même pour déduire une formule générale d'un de ses cas particuliers étudié expérimentalement. La question ainsi posée exige en effet dans chaque problème la preuve préalable que l'on est certain de n'omettre aucune des grandeurs de diverses espèces susceptibles d'en faire partie. De plus, en sciences appliquées, il faut avoir la garantie que la relation que l'on vise se réalise expérimentalement en toute rigueur, c'est-à-dire, sans empirisme et en outre sans l'emploi implicite d'unités de valeur déterminée. » Par exemple, on prétend déduire la formule $t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ du principe d'homogénéité; si on ne connaissait pas cette formule par un raisonnement direct, nous ne voyons pas pourquoi nous ne pourrions pas poser avec autant de droit $t = Klg$, K étant une constante à dimensions. A

quand on change les unités. M. Ledieu fait judicieusement observer qu'il faut distinguer deux sortes de relations entre les grandeurs physiques : les relations de définition des constantes physiques et les relations générales qui correspondent aux divers cas complexes des phénomènes spécifiant dans leur cas le plus simple les relations de définition et qui se déduisent de celles-ci par raisonnement. Le principe d'homogénéité s'applique aux relations générales, en tenant compte des dimensions des constantes ; mais il n'a aucun sens pour les relations de définition (1).

Le livre III est particulièrement intéressant.

L'étude de la chaleur introduit de nouvelles grandeurs dont la comparaison se ramène à des mesures de grandeurs mécaniques et de deux nouvelles grandeurs : la quantité de chaleur et la température.

Avant la découverte du principe de Mayer, on avait une unité de quantité de chaleur, la calorie. Dans les relations de l'étude de la chaleur, il fallait désigner cette unité en plus des unités de longueur, temps et masse. Aujourd'hui, on peut se dispenser de cette désignation en prenant comme unité la thermie.

Quant à la température, il faut spécifier quel est le corps qui permet de la mesurer; généralement, sa valeur t est déterminée par la formule $t = \frac{P_t - P_G}{1/100\,(P_{Aq} - P_G)}$ (2) du thermomètre à hydrogène. Ce nombre est indépendant de l'unité de pression et,

propos des constantes à dimensions, rappelons que, dans le système (C G S), la constante de Newton n'est pas une constante absolue, que ses dimensions sont $L^3\,M^{-1}\,T^{-2}$; on voit donc que celui qui chercherait *à priori* la loi d'attraction au moyen du principe d'homogénéité et sans penser à l'existence d'une constante à dimensions se mettrait dans un véritable embarras. Nous ne pouvons d'ailleurs nous empêcher de qualifier d'extravagantes les considérations que quelques auteurs ont présentées à l'occasion des dimensions de la constante de Newton : certains auteurs, en effet, n'ont pas craint d'affirmer que ce coefficient prouvait l'influence du milieu interposé entre les masses agissantes, etc., etc.

(1) Par exemple, dans la théorie de l'attraction universelle, après avoir donné des dimensions à la constante de Newton, toutes les équations de la Mécanique céleste devront être homogènes par rapport à L.T.M.

Autre exemple : dans la théorie des frottements, on déduit les cas compliqués (relations générales) des cas simples (relations de définition) qui servent à définir et à mesurer les divers coefficients y afférents. Après avoir donné des dimensions à ces coefficients, il faudra que toutes les relations générales soient homogènes par rapport à L.T.M.

(2) P_G et P_{Aq} sont les valeurs numériques de la force élastique d'une

par suite, le choix des unités L.T.M. est sans influence sur la valeur numérique de t. Mais on peut remplacer le coefficient 1/100 par n'importe quel autre coefficient k, et c'est ce qui peut faire changer la valeur de t et faire dire qu'on change l'unité de température, ce changement de coefficient fait changer les valeurs numériques des constantes physiques dépendant de la température, et il y a lieu d'attribuer à ces constantes une dimension par rapport à la température (1). Il faut donc spécifier que l'on se sert d'un thermomètre à hydrogène à volume constant et que l'on prend $k = 1/100$ dans la formule $t = \frac{P_t - P_G}{K(P_{Aq} - P_G)}$. On espère trouver une relation entre la température d'un corps et ses éléments mécaniques (force vive vibratoire par exemple), et alors le nombre qui exprimerait la mesure de la température du corps serait une grandeur mécanique dépendant seulement des unités mécaniques L.T.M.

A propos de l'homogénéité et de la similitude en physique, M. Pionchon fait d'importantes réserves ; il montre que les changements d'unités font, en général, varier les constantes des relations, en sorte qu'il faut entendre le principe d'homogénéité, comme nous l'avons expliqué plus haut, en donnant des dimensions aux constantes des phénomènes et en ne l'appliquant qu'aux relations générales déduites par le raisonnement des relations de définition.

Par ce que l'on est amené à considérer une nouvelle unité de température, il ne faut pas croire que le principe d'homogénéité imposera plus de conditions aux relations de la thermodynamique et permettra de deviner plus facilement la forme de ces relations; il ne faut pas oublier, en effet, qu'il y a des constantes, et que plus il y a d'unités fondamentales, plus les formules de dimensions de ces constantes deviennent compliquées.

Les chapitres II à X sont consacrés aux mesures électriques ; ils contiennent un très bon exposé de cette difficile question.

Nous avons quelques observations à présenter sur des inductions non justifiées, absentes il est vrai de l'ouvrage que nous examinons ici, mais qui se rencontrent dans les écrits d'autres auteurs. Ces erreurs viennent encore de l'application illégitime du principe d'homogénéité aux formules de définition.

masse d'hydrogène, de volume constant, à la température de la glace fondante et à la température d'ébullition de l'eau sous la pression normale ; P_t désigne la force élastique de cette même masse à la température t.

(1) Le même fait se produirait avec les températures absolues telles qu'on les définit au moyen du principe de Carnot.

Prenons par exemple la formule de Coulomb en électrostatique

$$F = K\frac{QQ'}{L'}.$$

Quelques auteurs s'imaginent qu'une quantité Q d'électricité est une quantité qui doit *à priori* avoir des dimensions par rapport à L.M.T., et alors, dans la formule précédente, K aurait également des dimensions déterminées; ils disent même que les dimensions de K se rattachent à la nature du milieu électrique placé entre les deux quantités d'électricité Q et Q' et ils appuient ce dire sur la variation de K avec la nature de ce milieu. Ces assertions nous paraissent dénuées de sens; il est bien vrai que la formule de Coulomb doit être complétée en introduisant le pouvoir inducteur spécifique du diélectrique par rapport à l'air, mais il n'en reste pas moins une constante dans la formule et il est absurde de prétendre que cette constante a *à priori* des dimensions ou que c'est un coefficient numérique. Les quantités Q, Q' n'ont pas de dimensions *à priori;* c'est leur définition qui la leur donnera : ainsi, dans le système électrostatique, les dimensions de Q sont $M^{1/2}L^{3/2}T^{-1}$ et le coefficient K est pris égal à 1.

Une autre assertion bizarre consiste à dire que, dans une formule, si une constante est indépendante de la nature du milieu, cette constante est un facteur numérique indépendant du choix des unités fondamentales. On cite, par exemple, la formule de Biot et Savart en électromagnétisme, et comme on croit que la constante de cette formule est indépendante de la nature du milieu, on avance que cette constante est numérique. On oublie en cela que, dans la loi de l'attraction universelle, une constante analogue a des dimensions par rapport à L.M.T; il est vrai que certaines personnes croient voir dans ce dernier fait une preuve de l'influence du milieu, qui nous mettra sur le chemin de l'explication de l'attraction universelle au moyen d'actions au contact; mais cette preuve nous paraît bien chimérique. De même, il est tout aussi chimérique de prétendre que la connaissance des dimensions des constantes des formules de Coulomb en électrostatique et en magnétisme jetterait un nouveau jour sur la nature intime des phénomènes électriques.

Toutes ces erreurs tiennent, nous l'avons déjà dit et nous le répétons, à la mauvaise interprétation donnée au principe d'homogénéité, principe qu'il ne faut jamais appliquer aux relations de définition des constantes physiques.

En terminant, nous tenons à dire que l'ouvrage actuel de M. Pionchon nous paraît appelé à rendre de grands services aux personnes qui veulent étudier à fond les théories modernes de la physique.

L. L. GODARD.

XII

TRAITÉ DE GÉOMÉTRIE, par E. ROUCHÉ, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, examinateur de sortie à l'École Polytechnique, et CH. DE COMBEROUSSE, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École Centrale. Conforme aux Programmes officiels, renfermant un très grand nombre d'Exercices et plusieurs Appendices consacrés à l'exposition des principales Méthodes de la Géométrie moderne. Sixième édition, revue et augmentée. Première partie : *Géométrie plane*. Deuxième partie : *Géométrie dans l'espace*. — Paris, Gauthier-Villars et fils, imprimeurs-libraires de l'École Polytechnique, du Bureau des Longitudes, Quai des Grands-Augustins, 55. 1891 (XXXV-499 pages et XIX-616 pages in-8°; en tout 1169 pages.)

La première édition du livre de MM. Rouché et de Comberousse a été publiée en 1866 sous le titre : *Traité de géométrie élémentaire* (XXIII-776 pages). La sixième édition, plus étendue de moitié (elle contient 370 pages de plus), a paru vingt-cinq ans après, en 1891, sous le titre : *Traité de géométrie*, sans le mot *élémentaire* qui ne convient plus à un ouvrage où la géométrie supérieure, dans le sens de Chasles, tient une place considérable. Ce succès rapide d'un livre qui n'est destiné qu'aux professeurs et aux élèves d'élite de l'enseignement moyen ou secondaire suffit à lui seul pour en attester le mérite. Quand on en compare les éditions successives, on s'explique aisément le succès de ce Traité : les auteurs l'ont sans cesse amélioré et complété de manière à le tenir au courant des progrès de la Science et de l'Enseignement.

Nous allons faire une analyse critique de la sixième édition en signalant spécialement les additions introduites depuis la première.

OBJET DU TRAITÉ. MM. Rouché et de Comberousse ont caractérisé l'esprit de leur Traité de la manière suivante : « Il y a deux

manières d'écrire un livre destiné aux études : on peut se restreindre aux *Programmes officiels* et n'en pas franchir le cadre; on peut aussi, en suivant strictement ces Programmes dans ce qu'ils ont d'obligatoire, aller au delà et essayer de les compléter. Pour appliquer une science, il ne suffit pas d'en connaître quelques parties : il faut être familiarisé avec toutes ses méthodes, en saisir l'ensemble. Les magnifiques découvertes de la Géométrie moderne n'ont pas pénétré dans l'enseignement; délaissées par les Programmes, elles n'occupent pas dans la série des études mathématiques la place qui leur est due; on en parle à peine et accessoirement en Géométrie analytique, où elles semblent bien à tort une nouvelle conquête de l'admirable instrument créé par Descartes. Nous sommes loin de reprocher aux Programmes leur silence à cet égard; ils sont tellement chargés, qu'on serait mal venu à réclamer une addition. Mais ne peut-on *apprendre* un programme d'examen et essayer en même temps de *comprendre* la portée de la science que l'on étudie, en prenant une connaissance rapide, une vue générale de ses principales méthodes? „ Telle est la pensée qui a guidé MM. Rouché et de Comberousse dans la composition de leur Traité. Les parties imprimées en grand texte contiennent les *Éléments* proprement dits; les compléments, en petit texte, sont consacrés à d'utiles développements destinés aux candidats aux écoles spéciales; les appendices et les notes renferment des études approfondies sur des points spéciaux, et l'exposé des méthodes de la Géométrie moderne.

Histoire de la géométrie. La Préface renferme une histoire succincte, mais très intéressante, des principaux progrès de la géométrie depuis Thalès jusqu'à Chasles. Cette esquisse, qui tenait en huit pages en 1866, en contient plus du double aujourd'hui et sera lue avec plaisir par les maîtres et les élèves. Peut-être les auteurs ont-ils accordé trop de confiance à l'*Aperçu historique* de Chasles, qui lui-même, dans ce Mémoire célèbre, avait suivi trop servilement Montucla. L'histoire des Mathématiques a fait depuis un demi-siècle des progrès dont MM. Rouché et de Comberousse doivent tenir compte davantage dans une future édition. Ainsi, parmi les géomètres anciens, il faudrait citer Hippocrate de Chios et surtout Eudoxe; l'histoire des coniques devrait être corrigée d'après les travaux de Zeuthen. Archimède n'a pas une seule méthode de quadrature, celle d'exhaustion ou des séries; il en a une seconde, par sommation d'infiniment petits : il évite, bien entendu, ce terme dangereux.

Ce sont les Indous et non les Arabes qui ont introduit, en Trigonométrie, les sinus au lieu des cordes; la méthode cinématique pour construire les tangentes remonte jusque Archimède. Dans l'histoire de la géométrie moderne, il nous semble qu'il faudrait dire nettement que Fermat est au même titre que Descartes l'inventeur de la géométrie analytique, et que le vrai créateur de la géométrie moderne, c'est Poncelet, comme Salmon le fait remarquer dans ses *Coniques*.

Géométrie plane (1). LIVRE PREMIER. *La ligne droite.* Angles; triangles; perpendiculaires et obliques; parallèles; somme des angles d'un polygone; parallélogramme.

Dans la première édition, l'exposé de ces principes élémentaires était faite à peu près comme dans l'édition que Blanchet a donnée des éléments de Legendre. Depuis plusieurs éditions déjà, MM. Rouché et de Comberousse en sont revenus, sur un point essentiel, à la tradition d'Euclide. Ils ramènent à des propositions antérieures la démonstration de celle-ci : *La ligne droite est plus courte que toute ligne brisée ayant les mêmes extrémités.* Nous sommes persuadé qu'ils n'en resteront pas là et qu'ils seront amenés, comme le grand géomètre grec, à ne plus indiquer de constructions qui ne puissent être effectuées d'après des postulats fondamentaux ou des théorèmes antérieurs.

LIVRE II. *La circonférence de cercle.* Arcs et cordes; tangentes au cercle; cercles tangents et sécants; mesure des angles; construction des angles et des triangles; tracé des parallèles et des perpendiculaires; problèmes sur les tangentes.

La principale amélioration introduite ici est d'ordre pédagogique: la théorie générale de la mesure des grandeurs est rejetée dans la note 1, à la fin de la géométrie plane. On peut aller plus loin dans cette voie. Dans les *éléments*, on n'a pas besoin du théorème: *deux angles au centre sont entre eux comme les arcs qu'ils interceptent.* Il suffit de savoir qu'à des angles égaux correspondent des arcs égaux et réciproquement; qu'à un angle égal à la somme des deux autres correspond un arc égal à la somme des arcs correspondant à ses parties. Autrement dit, le théorème du n° 125 rend inutile celui du n° 126 et ses corollaires.

(1) Dans une introduction qui précède la géométrie plane, on trouve les premières définitions générales indispensables, espace, surface, ligne, point, droite, plan, et quelques notions de logique générale (théorème, réciproque, etc.), sans aucun appareil philosophique.

APPENDICE I. *Méthodes de résolution des problèmes* (16 pages en petit texte). Méthodes des substitutions successives : synthèse et analyse (dans le sens de Duhamel) ; méthode par intersection de lieux géométriques ; constructions auxiliaires : translation, renversement ; centre instantané de rotation.

L'étendue de cet appendice est plus que doublée depuis la première édition. Toute la partie utilisable du livre excellent, mais trop long, de Petersen : *Méthodes et théories pour la résolution des problèmes,* a passé dans ce précieux appendice. Le nombre des lieux géométriques simples qui peuvent servir dès maintenant à résoudre des problèmes est plus grand que chez Petersen.

Dans la première édition, MM. Rouché et de Comberousse parlaient ici de la *méthode de réduction à l'absurde,* qui est d'ailleurs employée souvent dans les deux premiers livres. Selon nous, il faudrait rétablir ce passage supprimé, en le rapprochant de ce qui est dit de l'analyse et de la synthèse, et faire connaître à ce propos la vraie *analyse des anciens,* qui, beaucoup plus que celle des modernes, est une méthode d'invention, et que les traités modernes ignorent complètement.

Les anciens et les modernes appellent *synthèse* la méthode où l'on passe d'une proposition A à une proposition E, par *déduction :* De A on déduit B, de B on déduit C, de C on déduit D, de D on déduit E. Les modernes, depuis Duhamel, au moins, appellent *analyse* la méthode inverse par *réduction :* On prouve que la proposition E est vraie si la proposition D est établie ; on ramène de même D à C, C à B, B à A. L'analyse, dans ce sens, est une *synthèse à rebours.*

Tout autre est l'*analyse pratiquée par les anciens.* Pour établir une proposition E dont on soupçonne la vérité, on procède uniquement par *déduction.* On la suppose vraie, et l'on en déduit légitimement une série de conséquences M, N, P, Q, R. Deux cas peuvent se présenter : ou bien R est faux ; dans ce cas, il en est de même de E ; c'est la *méthode de réduction à l'absurde.* Ou bien R est vrai ; dans ce cas, on essaye, par une *synthèse* qui suit l'analyse, de déduire E de R, soit par l'intermédiaire des propositions Q, P, N, M, soit par ces propositions et un certain nombre de propositions voisines. Cette analyse des anciens a un caractère plus expérimental que la synthèse à rebours ou analyse des modernes ; elle a plus d'élasticité, elle laisse plus de liberté à celui qui cherche la démonstration d'un théorème. La synthèse qui complète chaque analyse entendue à la manière des anciens

est évidemment indispensable, contrairement à une assertion de Pappus, puisque la série de propositions EMNPQR n'est pas toujours réversible.

Livre III. *Les figures semblables.* Lignes proportionnelles sur deux droites et dans le cercle; similitude des polygones; relations métriques dans le triangle; problèmes sur les lignes proportionnelles; polygones réguliers; mesure de la circonférence.

Dans ce livre, il n'y a guère que des additions et des modifications de détail, assez nombreuses, il est vrai. Citons l'introduction du théorème de Stewart, la construction des expressions algébriques quand elle peut se faire au moyen de la règle et du compas, une analyse complète des problèmes relatifs au contact des cercles, et une étude, due à M. Rouché, du degré d'approximation auquel conduit la méthode des isopérimètres dans le calcul du rapport de la circonférence au diamètre.

Appendice II. *(Introduction à la géométrie supérieure.)* (106 pages en petit texte.) Principe des signes; transversales; rapport anharmonique; triangles homologiques; rapport harmonique; pôle et polaire dans le cercle et méthode des polaires réciproques; figures homothétiques; axes radicaux; involution; inversion et inverseurs; transformation par semi-droites réciproques, cycles.

L'étendue de cet appendice est plus que doublée depuis la première édition. Il est impossible et il serait fastidieux d'indiquer toutes les additions qui y ont été introduites depuis 1866. Les diverses méthodes déjà exposées alors dans le Traité, le sont ici avec plus d'ampleur et avec des applications plus nombreuses, par exemple, la théorie des figures homothétiques et de l'inversion; d'autres sont introduites ici à leur vraie place naturelle, comme celle de l'involution et des faisceaux de cercles. La transformation par semi-droites réciproques, due à un géomètre profond trop tôt enlevé à la science, Laguerre, a été rédigée par l'inventeur lui-même; elle se trouvait déjà dans l'édition précédente. Parmi les applications nouvelles ou traitées plus complètement qu'autrefois, nous citerons la théorie des inverseurs de Peaucellier, Hart, etc.; le théorème de Casey sur le cercle tangent à quatre autres; le problème d'Apollonius (cercle tangent à trois cercles donnés), et sa généralisation (cercle coupant trois cercles sous des angles donnés); les propriétés du cercle des neuf points; le problème de Castillon (inscrire dans un cercle donné un polygone dont chaque côté passe par un

point donné), d'après Petersen ; le problème de Malfatti (décrire trois cercles tangents l'un à l'autre et inscrits respectivement dans chacun des angles d'un triangle).

Livre IV. *Les aires.* Mesure des aires des polygones ; comparaison des aires ; aire du polygone régulier et du cercle ; problèmes sur les aires.

Ce livre n'a pas changé depuis la première édition.

Appendice III. *Valeur approchée des aires; différence entre un arc et sa corde ; maximums et minimums des figures planes.* Les deux premières questions n'étaient pas traitées dans la première édition. MM. Rouché et de Comberousse font connaître deux formules approchées pour les aires : celle de Simpson avec la démonstration que nous en avons donnée en 1881, laquelle permet d'évaluer l'erreur commise; puis celle de Poncelet. Dans une prochaine édition, ils devraient introduire la formule de Parmentier, meilleure que celle de Poncelet, d'après ce grand géomètre lui-même et d'un usage tout aussi facile ; puis la formule des trapèzes à propos de laquelle nous avons établi le curieux théorème suivant : Une aire limitée par une courbe à concavité toujours tournée dans le même sens, par une base rectiligne et par deux ordonnées extrêmes perpendiculaires, est comprise entre l'aire d'un polygone inscrit dont les sommets ont des ordonnées équidistantes et celle de ce polygone où l'on remplace le premier et le dernier côté par des parallèles à la base passant par le second et l'avant-dernier sommet.

La question des isopérimètres est traitée, depuis la première édition, d'après le texte français d'un Mémoire célèbre de Steiner. Ne faudrait-il pas tenir compte des corrections introduites, d'après les manuscrits du grand géomètre, dans le texte allemand de ses *Œuvres complètes?* Les travaux récents sur la question dus à M. H. A. Schwarz et à d'autres géomètres, et où ils emploient toutes les ressources du calcul des variations, semblent prouver qu'elle est plus difficile qu'elle ne paraît au premier abord.

Questions proposées sur la géométrie plane. Liste de 530 questions classées par livres et paragraphes. La première édition en contenait un peu davantage (593) : plusieurs des questions omises ont passé dans le texte.

Note I. *Mesure des grandeurs* (9 pages). Cette note est le développement de quelques pages qui, dans la première édition, étaient disséminées dans les livres précédents. Nous pensons que, dans les futures éditions de leur livre, les auteurs seront peu à peu amenés à exposer une théorie des incommensurables

plus arithmétique encore que celle qui est donnée dans l'édition actuelle.

NOTE II. *Sur l'impossibilité de la quadrature du cercle* (8 pages). Cette note, qui a paru déjà dans la précédente édition, est le résumé simplifié de la démonstration que Lindemann a déduite, en 1882, des profondes recherches de Hermite sur la fonction exponentielle (1874). Il a prouvé que *le nombre π n'est racine d'aucune équation algébrique.*

NOTE III. *Sur la géométrie récente du triangle* (61 pages). Cette note, avec le travail analogue sur le tétraèdre, est l'addition la plus considérable introduite dans la sixième édition. L'une et l'autre ont été rédigées par M. Neuberg, le géomètre qui, avec MM. Lemoine et Brocard, a le plus contribué aux progrès de la géométrie récente. Voici le sommaire des matières abordées dans la note relative au triangle :

Coordonnées normales et coordonnées barycentriques ; points complémentaires et anticomplémentaires ; droite et points harmoniquement associés à un point ; points et transversales réciproques, points inverses, droites isogonales ; triangles orthologiques ; métapôles de deux triangles; triangles métaharmoniques; symédianes et points de Lemoine ; cercle, points, triangles de Brocard ; point de Gergonne ; point de Nagel ; figures semblablement variables ; cercles remarquables ; questions proposées (56).

La géométrie récente, dont on trouve les premiers linéaments chez Euler et chez Steiner, touche à la fois à la géométrie élémentaire et à la théorie des coniques. Dans une prochaine édition, nous ne doutons pas que la géométrie récente des coniques ne trouve aussi une place dans le *Traité de Géométrie.*

Géométrie dans l'espace. LIVRE V. *Le plan.* Premières notions sur le plan ; droites et plans parallèles ; droites et plans perpendiculaires; angle d'une droite et d'un plan et plus courte distance de deux droites ; angles dièdres ; plans perpendiculaires ; angles polyèdres.

Comme on le voit, la théorie du parallélisme précède celle de la perpendicularité. Dans la première édition de leur géométrie, MM. Rouché et de Comberousse avaient conservé à peu près l'ordre traditionnel des *Éléments* de Legendre. On peut regretter qu'ils l'aient abandonné ; car, comme le remarque M. De Tilly dans son *Essai sur les principes fondamentaux de la Géométrie et de la Mécanique,* il est plus scientifique d'établir d'abord, en géométrie solide aussi bien qu'en géométrie plane, les propositions qui ne dépendent pas du postulat de la parallèle unique.

Au n° 577, 3°, on pourrait introduire avec avantage une démonstration directe (due à M. Catalan) de l'égalité des dièdres d'un trièdre ayant des faces égales.

Appendice IV. *Quadrilatère gauche ; perspective* (9 pages). Les premiers principes de perspective et la notion de droite de l'infini introduites ici manquaient dans la première édition.

Livre VI. *Les polyèdres.* Propriétés, aire et volume du prisme et de la pyramide; figures symétriques; polyèdres semblables.

Peu de changements. Dans la sixième édition, les auteurs sont revenus à la démonstration ancienne pour le prisme triangulaire tronqué obliquement. Nous leur signalons une démonstration de Halsted (*Mathesis*, 1885, V, pp. 9-10), plus simple que la leur pour le volume du solide à faces opposées parallèles et à faces latérales triangulaires.

Appendice V. *Propriétés générales des polyèdres ; centre de gravité ; propriétés projectives ; figures homologiques* (32 pages). La partie de cet appendice relative aux propriétés projectives des figures et à l'homologie ne se trouvait pas dans la première édition. Le célèbre théorème $F + S = A + 2$ est toujours attribué à Euler. M. de Jonquières a prouvé péremptoirement qu'il appartient à Descartes, comme Baltzer l'avait déjà fait remarquer en 1862.

Livre VII. *Les corps ronds.* Cylindre; cône; premières notions sur la sphère; propriétés des triangles sphériques : aire de la sphère; volume de la sphère; généralités sur les surfaces.

Il n'y a guère ici en fait d'addition que la propriété fondamentale du plan tangent aux surfaces gauches. La théorie des triangles sphériques, autrefois placée après le volume de la sphère, a été déplacée; la démonstration de la propriété du grand cercle d'être le plus court chemin sur la sphère a été changée.

Selon nous, ce livre est celui où il y aurait le plus de modifications à introduire. A propos de la solution du problème : *trouver le rayon d'une sphère solide,* il y aurait lieu d'introduire les principes *généraux* relatifs aux constructions de ce genre, dus à Pappus et à M. De Tilly (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles,* t. IX, 1885-1886, ou *Mathesis,* 1885, t. V, supplément III, pp. 21-30). Ils s'appliquent à d'autres surfaces que la sphère.

La démonstration du théorème relatif à l'arc de grand cercle comme plus court chemin est insuffisante aussi bien dans la première édition que dans la sixième. Nous avons signalé les

difficultés que présente cette question et la question plus générale de la longueur des lignes courbes non planes dans *Mathesis* (1888, t. VIII, pp. 262-264; 1889, t. IX, pp. 112-116, 212-214) et nous y renvoyons le lecteur. Nous ajouterons qu'au point de vue géométrique pur, ces difficultés disparaissent ou sont considérablement réduites, quand on prend la définition suivante proposée par M. Peano (1): *La longueur d'une courbe est la limite supérieure, dans le sens de Weierstrass, des polygones inscrits dans la courbe.* Une autre théorie à modifier complètement, non seulement dans le *Traité de géométrie* de MM. Rouché et de Comberousse, mais aussi dans presque tous les manuels de géométrie descriptive, est celle du plan tangent aux surfaces. On sait qu'il existe des courbes continues qui n'ont de tangentes en aucun de leurs points; il est facile d'imaginer des surfaces qui n'aient pas non plus de plan tangent, en aucun de leurs points, par exemple, les cylindres et les cônes ayant pour directrices les lignes dont il vient d'être question. *Il est donc impossible d'établir d'une manière générale l'existence du plan tangent dans les surfaces continues.* Aussi, toutes les démonstrations proposées pour ce théorème contiennent-elles quelque paralogisme ou quelque postulat caché: celle de MM. Rouché et de Comberousse suppose implicitement que, sur toute surface, on puisse trouver, en chaque point, une courbe continue, lieu des points de contact de tangentes parallèles, à des courbes de la surface situées dans des plans parallèles. La vraie méthode pour établir l'existence du plan tangent, c'est de procéder en géométrie comme en analyse: il suffit de démontrer la chose successivement pour chaque espèce de surface considérée: surfaces réglées, surfaces de révolution, etc., en prenant pour point de départ explicite l'existence de la tangente aux courbes directrices. C'est ainsi qu'a procédé M. Goedseels, dans une *Théorie des surfaces réglées* (Louvain, Fonteyn, 1885), dont la partie essentielle pourrait être introduite utilement dans les nos 884, 889 du *Traité de géométrie* (voir aussi *Mathesis*, 1883, t. III, pp. 49-54).

(1) C'est ce géomètre aussi qui a résolu le premier les difficultés plus grandes encore que présente la question de l'aire des surfaces. (Voir une note publiée par lui, le 19 janvier 1890, à l'Académie royale des *Nuovi Lincei*.) Soit dit en passant, nous croyons, conformément à l'avis de M. Catalan, et contrairement à celui des auteurs du Traité (n° 739, p. 140 du tome II de la sixième édition, ou n° 740, p. 470 de la première édition), que le volume, tout comme la surface d'un cylindre, *doit être défini*. Nous pourrions faire des observations analogues sur les aires des courbes planes.

APPENDICE VI. *Théorème de Guldin; la sphère est maxima parmi les corps de même aire; théorie des polyèdres réguliers; figures homothétiques; pôle et plan polaire; plan radical de deux sphères; inversion; géométrie sphérique* (61 pages).

La plupart des questions abordées ici, sauf la théorie des figures homologiques, se trouvent déjà dans la première édition; mais diverses additions ont été introduites dans plusieurs paragraphes.

Ne pourrait-on pas ajouter ici un paragraphe consacré aux polyèdres semi-réguliers d'Archimède et de Képler, si bien étudiés par M. Catalan ?

LIVRE VIII. *Les courbes usuelles.* Ellipse; hyperbole; parabole; ellipse comme projection orthogonale du cercle; parabole comme limite de l'ellipse ou de l'hyperbole; sections coniques; hélice.

Peu d'additions et de modifications dans ce livre.

APPENDICE VII. *(Géométrie supérieure.)* (140 pages.) Homographie et involution; théorie des courbes du second ordre; théorie des surfaces du second ordre; étude de quelques surfaces d'ordre supérieur.

C'est la section du livre qui a reçu les accroissements les plus considérables. Citons, outre une théorie des quadriques, du tore et de la surface des ondes, qui manquaient complètement dans la première édition, un article sur les constructions relatives à l'homographie et à l'involution, un autre sur l'ordre des courbes algébriques, la généralisation du problème de Castillon, des développements sur la théorie des diamètres, des foyers, des coniques tangentes, bitangentes, osculatrices, et sur le tracé des coniques assujetties à diverses conditions. Grâce à ces diverses additions, le livre de MM. Rouché et de Comberousse contient une théorie synthétique des coniques très complète et qui a sur des ouvrages célèbres (la *Géométrie supérieure* et les *Coniques* de Chasles; la *Geometrie der Lage* de V. Staudt ou de Reye) cet avantage, que MM. Rouché et de Comberousse font usage de toutes les méthodes d'investigation des propriétés de ces courbes célèbres, la géométrie analytique exceptée.

Dans la théorie des surfaces du second ordre, on pourrait introduire la solution élémentaire du problème: *Trouver l'intersection d'une droite avec une quadrique* (*Mathesis*, 1883, III, 177-181), dont M. Rouché lui-même a donné une solution très élégante pour l'hyperboloïde de révolution (*Nouv. Annales de Mathématiques*, 1882, pp. 97-98).

QUESTIONS PROPOSÉES SUR LA GÉOMÉTRIE DANS L'ESPACE (568 questions classées — la première édition en contenait à peu près le même nombre).

NOTE I. *Sur l'application des déterminants à la géométrie* (7 pages). Comme dans la première édition : Aire du triangle ; volume du tétraèdre ; relations entre les distances mutuelles de trois points sur une droite, de quatre points dans un plan ou sur un cercle, de cinq points dans l'espace ou sur une sphère, etc. Ces relations sont extrêmement importantes au point de vue de la *caractérisation* de la géométrie euclidienne et des géométries non-euclidiennes.

NOTE II. *Sur la géométrie non-euclidienne* (17 pages). Cette note, qui a déjà paru dans la cinquième édition, contient un exposé de la seule géométrie lobatschewskienne : il n'y est pas parlé de la géométrie riemannienne. La partie élémentaire de la géométrie lobatschewskienne est exposée synthétiquement d'après Lobatschewsky lui-même. Mais la partie métrique est donnée analytiquement d'après un mémoire ingénieux de M. Battaglini. Malheureusement le point de départ du géomètre italien contient un postulat qui enlève toute rigueur à son exposition. Dans un triangle rectangle (minuscule) *opm*, dont le côté *op* est fixe, l'autre $om = z$ variable, ainsi que l'angle opposé $opm = t$, il doit exister, dit M. Battaglini, *d'après la théorie des fonctions*, une relation du premier degré entre *tang t* et *Thu*, si $z = ku$, k étant une constante indéterminée, parce que, à chaque position de m correspond une seule valeur de *tang t* et *Thu* et réciproquement (pp. 585-586). Le principe invoqué n'est applicable qu'à des fonctions définies non seulement, comme ici *tang t* et *Thu*, pour des valeurs *réelles* des variables correspondantes, mais aussi pour toutes les valeurs *imaginaires* de celles-ci. En appliquant ce principe à t et u, au lieu de l'appliquer à *tang t* et *Thu*, on prouverait que u et t doivent être liés par une relation linéaire, ce qu'aucun géomètre ne voudra certainement admettre.

L'exposition rigoureuse de la partie métrique des géométries non-euclidiennes est bien difficile à faire autrement que dans un ouvrage étendu analogue à ceux de M. De Tilly ou de M. Flye de Sainte-Marie. Peut-être, dans une future édition de leur traité, MM. Rouché et de Comberousse feraient-ils mieux de remplacer la note actuelle par un exposé historique, sans démonstration, des recherches sur la métagéométrie.

NOTE III. *Sur la géométrie récente du tétraèdre* (22 pages).

Points et plans harmoniquement associés. Sections anti-parallèles d'un tétraèdre. Points inverses. Tétraèdres et pentagones orthologiques. Quadruples hyperboloïdiques. Sphères tangentes aux quatre faces d'un tétraèdre. Tétraèdre orthocentrique; quadrarète et quadrangle orthiques. Les hauteurs d'un tétraèdre quelconque sont des génératrices d'un hyperboloïde équilatère. La plupart des théorèmes nouveaux contenus dans cette note sont dus à M. Neuberg.

D'après cette longue analyse critique, le lecteur a quelque idée des richesses géométriques réunies par MM. Rouché et de Comberousse dans leur *Traité*. Nous avons dû indiquer un certain nombre de questions où nous différons d'avis avec les savants auteurs de ce beau livre; nous croyons que divers points dont nous n'avons pas parlé pourraient être améliorés d'après les ouvrages de MM. De Tilly, Catalan, Baltzer, Faifofer. Mais, en général, leur exposition est simple, claire, rigoureuse, suggestive et, pour le jeune professeur qui veut se mettre au courant, vite et bien, à la fois des méthodes anciennes et des méthodes nouvelles de la science, on ne peut conseiller une meilleure encyclopédie géométrique que le *Traité* de MM. Rouché et de Comberousse (1).

P. Mansion.

XIII

Encyclopédie des Travaux Publics; Baudry et Cie, éditeurs, Paris. — Ouvrages nouvellement parus :

I. — Hydraulique, par A. Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur à l'École centrale des arts et manufactures et à l'École nationale des ponts et chaussées; 1 vol. in-8° de xxx-685 pages; 1891.

II. — Restauration des montagnes. Correction des torrents. Reboisement, par E. Thiéry, professeur à l'École Forestière, avec une introduction de M. Lechalas; 1 vol. in-8° de 413 pages; 1891.

III. — Architecture et constructions civiles. Maçonnerie, par

(1) Il est à peine nécessaire de parler de l'exécution typographique de l'ouvrage. Il suffit de dire qu'il est édité par MM. Gauthier-Villars et fils.

J. Denfer, architecte, professeur à l'École centrale; 2 vol. in-8° de 408 et de 423 pages; 1891.

I. Hydraulique. — M. Flamant, qui avait déjà rédigé pour l'Encyclopédie des Travaux Publics une *Mécanique Générale* et une *Résistance des Matériaux* dont nous avons rendu compte lors de leur apparition (1), vient de la doter d'un traité d'Hydraulique où il s'est efforcé de faire entrer sous la forme didactique tous les progrès acquis à la théorie, grâce aux travaux des savants modernes, notamment de Saint-Venant, Dupuit, Dausse, Kleitz, Graëff, de MM. Bazin, Boussinesq, Lechalas, Fargue,...

Nous allons présenter ici l'analyse sommaire de cet important ouvrage destiné assurément à être fort apprécié de tous les spécialistes (2).

L'Hydraulique, comme on sait, a pour but l'application, dans la mesure où celle-ci est reconnue légitime, des principes de la théorie aux faits mis en évidence par l'expérience de façon à atteindre non pas les lois exactes du mouvement des liquides, mais une expression approchée de celles-ci, suffisante pour les besoins de la pratique. Il est donc indispensable, avant d'aborder l'étude de l'hydraulique proprement dite, de se bien pénétrer des principes généraux de l'*Hydrostatique* ou de l'équilibre des fluides. C'est pourquoi, sous une forme d'ailleurs aussi succincte que possible, M. Flamant, dans un premier chapitre, fait le rappel de ces notions fondamentales. A propos de la stabilité de l'équilibre des corps flottants, on trouvera dans ce chapitre une démonstration, due à Rankine, de la propriété principale du métacentre, qui semble plus simple, bien qu'un peu moins générale, peut-être, que celle que l'on en donne ordinairement. L'auteur rappelle l'application aux prismes carrés, qui bien que très connue, et pour ainsi dire classique, présente l'intérêt de faire ressortir l'usage qui peut être fait de la théorie.

Avec le chapitre II commence l'étude du mouvement des liquides et des conditions générales de ce mouvement. Après les équations générales de l'hydrodynamique, on y trouve l'équation fondamentale de l'hydraulique, de laquelle se déduit immédiatement, pour le mouvement permanent, le théorème de Ber-

(1) Voir les livraisons de la *Revue* de janvier 1887 et d'octobre 1888.

(2) M. Flamant ayant lui-même, dans un *Avant-propos* largement traité, donné un résumé très complet des matières de son livre, le compte rendu que nous donnons ici est pour la plus grande partie emprunté à ce morceau.

noulli. L'étude du mouvement uniforme, qui vient ensuite, donne à l'auteur l'occasion de définir le frottement intérieur des liquides et de rappeler une remarquable expérience faite par M. Couette, rapportée par lui dans une thèse de doctorat toute récente (30 mai 1890), et qui est de nature à projeter une vive lumière sur les conditions, encore si peu connues, de ce frottement. L'expression du coefficient du frottement intérieur, donnée par M. Boussinesq, sert ensuite à établir les formules générales du mouvement uniforme dans une section circulaire ou demi-circulaire, ainsi que dans une section rectangulaire très large.

Après toutes ces généralités sur le mouvement des liquides, vient l'étude des circonstances accidentelles de ce mouvement, ce qu'on pourrait appeler les points singuliers des courants liquides, qui constitue le chapitre III. On y trouve d'abord les lois de l'écoulement par des orifices en mince paroi ou en paroi épaisse, avec les coefficients de débit qui ont été proposés soit par Poncelet et Lesbros, soit par M. Graëff, soit en dernier lieu par M. Hamilton Smith, ingénieur américain, qui a publié en 1886 un important ouvrage où sont discutées toutes les expériences connues, y compris les plus récentes, sur ce sujet. Les diverses causes de perte de charge : l'élargissement brusque de la section d'écoulement, le passage à travers une section rétrécie, l'entrée dans un tuyau, le passage dans les coudes, forment un paragraphe spécial de ce chapitre, qui comprend ensuite l'étude de l'écoulement par les ajutages, puis par les déversoirs.

Pour le paragraphe relatif aux déversoirs, M. Flamant a emprunté la théorie aux travaux les plus récents de M. Boussinesq qui est parvenu, au moyen d'une hypothèse simple mais plausible sur la forme des trajectoires des filets liquides, à donner une explication parfaite de l'écoulement par un déversoir en mince paroi. Fait bien remarquable : les expériences nombreuses et précises de M. Bazin ont confirmé ces vues théoriques jusque dans leurs plus petits détails. M. Bazin a en outre fait une étude expérimentale très complète des nappes déversantes, dont M. Flamant fait connaître dans son livre les premiers résultats. Il résulte de ceux-ci que le coefficient de débit des déversoirs varie dans des limites beaucoup plus étendues qu'on ne le supposait et que, par suite, les débits que l'on calculait avec un coefficient unique sont souvent fort éloignés de la réalité.

Après quelques exemples d'application des formules établies dans les paragraphes précédents, l'auteur continue l'étude des points singuliers des cours d'eau par celle du ressaut superficiel,

d'après les travaux de M. Bazin et ceux de M. Boussinesq. La division des cours d'eau en deux catégories, les rivières et les torrents, s'y trouve faite d'après la distinction qui a été établie par ce savant dans son *Essai sur la théorie des eaux courantes*. Le chapitre III se termine par une étude très sommaire des tourbillons liquides d'après M. Boussinesq.

Le chapitre IV est consacré aux tuyaux de conduite. L'étude de l'écoulement dans les tuyaux est relativement simple, elle ne donne lieu à aucune particularité intéressante; la seule difficulté consiste à choisir une formule qui donne la vitesse moyenne en fonction du diamètre et de la charge. L'auteur cite un grand nombre de celles qui ont été proposées, avec les coefficients correspondants. En France on se sert, presque exclusivement, soit de celle de Prony, soit de celle de Darcy, ou des tables qui en ont été déduites. A l'étranger, au contraire, ce sont la formule et les tables de Weisbach qui sont les plus usitées. M. Flamant en propose une autre, qui donnera le plus souvent des résultats intermédiaires entre celles-là; elle présente, en apparence, plus de complication, mais son emploi est rendu facile par les tables numériques que l'auteur en a déduites.

La résolution de quelques-uns des problèmes les plus ordinaires auxquels donne lieu l'établissement des tuyaux de conduite forme la partie la plus importante de ce chapitre, qui se termine par une étude très sommaire des conditions de l'écoulement, c'est-à-dire de la répartition des vitesses dans un tuyau circulaire.

L'étude des cours d'eau commence avec le chapitre V. Elle se divise en deux parties principales : la première s'applique aux canaux découverts ou aux cours d'eau de section transversale et de pente constantes contenus dans un lit de forme invariable. Après y avoir donné les formules du mouvement uniforme, l'auteur y étudie, d'après M. Bazin et M. Cunningham, la loi de la répartition des vitesses aux divers points de la section transversale, et après quelques applications des formules spéciales, il considère le mouvement permanent varié, ou la théorie des remous d'exhaussement et d'abaissement; il emprunte à Dupuit une grande partie de ce paragraphe ainsi que du suivant, où sont calculés les effets d'un étranglement ou d'un élargissement du lit.

La seconde partie de l'étude des cours d'eau, consacrée aux cours d'eau naturels, forme le chapitre VI. Par opposition aux canaux qui font l'objet du chapitre précédent, M. Flamant considère alors les cours d'eau à fond mobile et les conditions

nouvelles qui résultent de la mobilité du lit. Après avoir rappelé la loi primordiale exprimant l'équilibre des matériaux du fond, déjà énoncée par Guglielmini, il donne une explication sommaire de l'entraînement et de la suspension de ces matériaux, puis une théorie de l'équilibre des rivières à fond de sable d'après M. Lechalas. Ce sont là des notions qui ne se trouvent généralement pas dans les traités d'hydraulique, mais dont l'importance est capitale pour les ingénieurs. Abordant ensuite la question de l'influence de la forme des rives, il résume les importants travaux de M. Fargue sur ce sujet. Renvoyant pour les détails techniques à deux autres ouvrages de l'Encyclopédie, l'*Hydraulique fluviale* de M. Lechalas et la *Navigation intérieure* de M. Guillemain, M. Flamant constate simplement que la correction des rivières par l'établissement de digues longitudinales a les conséquences suivantes : l'abaissement des hauts fonds du thalweg; la diminution de la pente et l'abaissement de l'étiage vers l'amont.

Cet abaissement peut produire en amont, ou la chute des rives, si elles ne sont pas suffisamment protégées, ou bien des rapides raccordant l'ancien niveau avec le niveau abaissé. Ces désordres ne peuvent être évités que si l'on établit, dans le lit, des barrages de soutènement, ou seuils résistants, en des points convenablement choisis. La construction de ces seuils. dans le lit, peut d'ailleurs être complétée par l'établissement de hausses ou barrages mobiles augmentant le tirant d'eau et les chutes à racheter par des écluses.

Chacun de ces barrages de soutènement du lit localise en un point l'effet de la diminution de pente produite par le règlement des rives. Quand la pente est faible, on peut arriver à une solution définitive, sans écluses, en maintenant ainsi la pente naturelle dans chaque section de rivière après avoir régularisé les rives. Si au contraire la pente est forte, on laisse le nouveau tracé des rives produire son effet sur des sections séparées par de véritables barrages créant des chutes où l'on établit des écluses. Mais si, dans un cours d'eau à forte pente, on place ces barrages qui, construits d'ordinaire sur une partie seulement de la largeur et alternativement sur chaque rive, portent alors le nom d'épis-noyés, assez près les uns des autres pour que le fond conserve sa pente générale, on arrive à créer une vitesse moyenne trop grande qui peut rendre le cours d'eau impraticable à la remonte.

A la suite de cet exposé sommaire, l'auteur donne, d'après

Dupuit, dans un court paragraphe, les lois de l'écoulement souterrain, ou à travers des terrains perméables; enfin, il termine ce chapitre, consacré aux cours d'eau naturels, par l'indication des méthodes de jaugeage : par l'observation des hauteurs, par déversoirs, par flotteurs simples et doubles, par bâtons lestés, par tube de Pitot ou de Darcy, par moulinet de Woltmann ou de Harlacher.

Le chapitre suivant est consacré aux crues des cours d'eau, ou plus généralement au mouvement non permanent. Après avoir donné les équations générales de ce mouvement, M. Flamant résume les travaux de M. Kleitz sur les crues, et indique les méthodes approximatives qu'il a lui-même employées sur le Rhône pour l'étude de ces phénomènes. Il passe ensuite à la prévision des crues et, après avoir rappelé sommairement les travaux de Belgrand, il indique les méthodes proposées et adoptées par M. Allard et par M. Mazoyer pour la prévision des crues de la Seine et de la Loire. Enfin il donne quelques idées générales sur la question de l'atténuation des effets des crues par des réservoirs, digues submersibles ou insubmersibles.

Le chapitre VIII traite des mouvements ondulatoires. Leur étude théorique élémentaire est aujourd'hui possible, grâce aux travaux de M. Boussinesq, dont les résultats se sont accordés d'une manière si remarquable avec les recherches expérimentales de M. Bazin sur la propagation des ondes. M. Flamant étudie d'abord les ondes de translation de forme quelconque, puis l'onde solitaire qui seule se propage sans se déformer. Il donne ensuite, d'après Gerstner, une théorie élémentaire des ondes d'oscillation ou de la houle, avec quelques indications sommaires sur le clapotis. Il a rattaché à ce chapitre les mouvements oscillatoires de l'eau dans les tubes et les colonnes liquides oscillantes proposées pour économiser l'eau dans les écluses de navigation. Il donne enfin quelques notions générales sur les marées de la mer et les marées fluviales, d'après Comoy. On trouvera, dans ce dernier paragraphe, l'indication des méthodes de M. Lechalas pour la détermination de la vitesse moyenne, à un instant quelconque, dans l'une des sections transversales du fleuve, dans la partie soumise à l'action de la marée, et aussi le résumé d'un travail de M. le professeur Cauthorne Unwin relatif au mouvement des eaux dans les estuaires et à la manière dont s'y mélangent les eaux de diverses provenances. Le chapitre se termine par quelques considérations générales sur l'amélioration des estuaires des fleuves à marée, empruntées à M. le professeur Franzius.

C'est là que s'arrête, à proprement parler, l'hydraulique, ou l'étude du mouvement de l'eau.

Le chapitre IX, qui suit, est relatif aux fluides élastiques. Il est impossible d'établir une théorie des mouvements de ces fluides sans s'appuyer sur les principes de la thermodynamique et, d'autre part, l'auteur ne pouvait songer à donner, dans un traité d'hydraulique, où les fluides élastiques ne figurent que d'une façon accessoire, un exposé complet de la théorie mécanique de la chaleur. Aussi s'est-il contenté d'établir, par une méthode qui n'échapperait peut-être pas à toute critique au point de vue de la rigueur, mais qui ne laisse rien à désirer sous le rapport de la simplicité, les équations générales nécessaires à l'étude du mouvement des gaz parfaits.

Après avoir donné ces formules générales, M. Flamant les applique aux réservoirs d'air en communication avec les conduites d'eau et à l'étude du mouvement des gaz. D'après M. Haton de la Goupillière, il indique la loi du mouvement varié d'un gaz remplissant un réservoir et aborde ensuite le problème, plus important, de l'écoulement des gaz par longues conduites. Les travaux de M. Arson sur le gaz d'éclairage servent encore aujourd'hui de règle aux ingénieurs qui s'occupent de la distribution du gaz; mais il semble que les coefficients numériques que cet auteur a déduits de ses expériences et les tables qu'il a calculées ne sont pas applicables au transport de l'air comprimé. C'est du moins ce qui résulte d'expériences faites d'abord par M. Stockalper, puis par M. Kraft et en dernier lieu par M. Riedler. Ces expériences paraissent encore trop peu nombreuses et trop peu précises pour que l'on puisse en déduire de nouveaux coefficients et une nouvelle formule, et M. Flamant se borne à conseiller provisoirement, d'après l'avis de M. Kraft, l'usage des tables numériques dressées pour le calcul des conduites d'eau, qui fournira tout au moins une approximation.

Enfin, le chapitre X et dernier est relatif à la résistance des fluides, question encore très obscure sur laquelle la théorie et l'expérience font également défaut. La théorie ne donne un résultat positif que pour le problème de l'impulsion d'une veine fluide contre un plan indéfini; lorsqu'il s'agit au contraire d'un solide soumis à l'action d'un courant indéfini, elle ne peut plus donner que des aperçus qui doivent être complétés ou rectifiés par l'observation des faits. L'auteur indique les tentatives théoriques de Poncelet et de Saint-Venant; puis il emprunte à Du Buat des renseignements expérimentaux et en même temps

des vues qui, pour avoir été négligées pendant un siècle, ne semblent pas moins devoir conduire à la route sur laquelle on aura le plus de chances de trouver une solution satisfaisante. De nouvelles expériences, entreprises sous la direction de M. de Mas, permettront sans doute de faire un progrès marqué dans la connaissance des efforts mutuels des liquides et des solides en mouvement relatif.

A titre d'annexe, l'auteur donne les lois, arrêtés, circulaires et instructions ministérielles relatifs à la question des retenues d'eau, et il y ajoute quelques considérations générales sur l'interprétation qui peut en être donnée.

L'ouvrage est également complété par une série de 18 tables numériques, dont plusieurs entièrement nouvelles, destinées à simplifier les calculs que nécessite la pratique de l'hydraulique. A ce propos l'auteur fait la réflexion suivante : « Les tables calculées à l'avance, fournissant immédiatement, sans travail et surtout sans erreur, les solutions dont on a besoin, sont la seule forme sous laquelle les formules un peu compliquées puissent se faire accepter. » Pour que cette réflexion soit absolument juste, il faut entendre, selon nous, par « tables calculées à l'avance », non seulement les tables numériques telles que les donne M. Flamant, mais encore les tables graphiques ou *abaques* dont nous avons ailleurs (1) fait ressortir les très grands avantages en pareil cas.

Tout fait prévoir que l'excellent livre de M. Flamant est appelé à devenir rapidement classique parmi les hydrauliciens.

II. Restauration des montagnes. — Il est inutile, après les remarquables études de M. de Kirwan (2), d'insister dans cette *Revue* sur les dommages qui sont dus aux torrents et sur l'intérêt qu'il y a à combattre ces funestes effets en agissant d'une façon judicieuse sur les causes qui les provoquent. L'importance de l'ouvrage développé que M. Thiéry vient de consacrer à ce sujet n'échappera donc point à nos lecteurs. Il nous suffira, par suite, de donner une idée rapide des divisions du livre.

(1) *Avant-propos* de notre livre : *Nomographie. Les Calculs usuels effectués au moyen des abaques*, dont il a été rendu compte dans la livraison d'octobre 1891 de la Rev. des quest. scient. (M. O.)

(2) Voir notamment la série d'articles : *Montagnes et torrents*, dans les tomes XI, XII et XIV de la *Revue*.

Celui-ci débute par une *Introduction* due à la plume de M. Lechalas, où ce savant ingénieur trace les grandes lignes du problème à résoudre et fait ressortir ses analogies avec celui qui se pose à propos des rivières à fond mobile.

L'ouvrage proprement dit se divise en trois parties.

Avant de rechercher les moyens d'agir sur le phénomène, il est de toute nécessité de connaître à fond les moindres circonstances de celui-ci, d'où la première partie intitulée : *Description du phénomène torrentiel.*

Le phénomène une fois constaté, on peut songer à en combattre les effets soit en se mettant directement en garde contre ceux-ci, par les *Travaux de correction des torrents* (deuxième partie), soit en essayant d'agir sur sa cause, par les *Travaux de reboisement* (troisième partie).

La première partie commence par un chapitre de *Propositions préliminaires,* qui est le résumé des notions d'hydraulique intervenant dans le développement du sujet.

Celui-ci ne s'ouvre en réalité qu'avec le chapitre II, qui traite de la *Définition* et de la *Classification des torrents.* L'auteur s'inspire, bien entendu, sur ce point, des classiques recherches de Surell. Il s'en écarte toutefois, en ce qui concerne la définition même du torrent, pour se rapprocher de celle proposée par M. Scipion Gras, pour qui le phénomène du transport et du dépôt des matières n'est pas un caractère essentiel des torrents. De plus, aux quatre classes de cours d'eau considérées par Surell, il ajoute, avec M. Demontzey, le *ravin* qui, bien que fonctionnant comme un torrent, ne doit en être pris que pour un diminutif.

L'auteur indique les divers modes de classification des torrents dus à Surell, qui prend comme base la position qu'occupe le bassin de réception dans la montagne, à M. Scipion Gras, qui se réfère à l'étendue et à la configuration physique de ce bassin, à M. Costa de Bastelica, qui envisage la forme générale du torrent. Il revient plus loin sur ce sujet pour signaler la classification de M. Demontzey, fondée sur la nature des matières charriées.

Les *Causes de la formation des torrents* sont étudiées dans le chapitre III. Les unes tiennent à la nature géologique des montagnes et à l'action climatérique, les autres se rattachent à des circonstances provoquées par le fait de l'homme : nous voulons parler de la destruction des forêts et de celle des pâturages. En ce qui concerne ce dernier point, l'auteur, voulant s'appuyer sur la haute autorité de notre sympathique collaborateur M. de Kirwan, se réfère à l'article de la *Revue* que nous citions plus haut.

Le chapitre IV a trait à l'*Origine des matières charriées*, qui peut être rattachée à cinq causes principales successivement examinées par M. Thiéry :

1° La chute des débris de rochers situés à des altitudes supérieures à celles de la végétation ;

2° Les glaciers et les avalanches;

3° L'affouillement;

4° L'action destructive des agents atmosphériques;

5° L'action dissolvante de l'eau sur les terrains argileux.

Outre leur origine, il est indispensable de connaître le *Mode de transport et de dépôt des matières charriées;* c'est le sujet du chapitre V, où l'auteur soumet avec habileté le phénomène à l'application de la formule analytique.

Il donne ensuite, dans le chapitre VI, une élégante théorie géométrique de la *Formation des lits de déjection.* Les choses ne se passent évidemment pas, dans la nature, avec la simplicité et la régularité que suppose cette théorie. Mais celle-ci a l'inappréciable avantage de faire ressortir avec netteté l'allure générale du phénomène, que les circonstances locales ne viennent modifier que dans des détails qui peuvent être négligés sans aucun inconvénient pour une vue d'ensemble.

Après cette étude minutieuse de leur régime, M. Thiéry décrit, dans le chapitre VII, les *Ravages causés par les torrents,* en s'inspirant notamment d'un excellent travail sur ce sujet de M. Ph. Charlemagne.

La deuxième partie débute également par un chapitre (le VIIIe) de *Propositions préliminaires.* C'est un simple rappel, très net et très succinct, des notions fondamentales relatives à la résistance et à la stabilité des constructions en maçonnerie.

Dans le chapitre IX, l'auteur établit, par déduction des principes exposés dans la première partie, quelles sont les *Opérations successives à exécuter en vue de l'extinction des torrents.*

C'est là qu'il aborde ce que nous appellerons la technique de l'art de l'ingénieur forestier, fixant d'abord dans leurs grandes lignes les *Méthodes générales de correction* applicables d'une part aux *torrents à affouillement* (chap. X), de l'autre aux *torrents à clappes* et aux *torrents glaciaires* (chap. XI).

Le chapitre XII est consacré à la *Classification des barrages.*

Dans le chapitre XIII, l'auteur développe avec soin les règles à suivre dans l'*Étude du torrent au point de vue de la correction* tant en ce qui concerne les recherches préliminaires sur le terrain que le choix de l'emplacement des barrages et la fixation des éléments nécessaires au calcul de leurs dimensions.

Le chapitre XIV, qui contient la théorie très détaillée de la *Stabilité des barrages en maçonnerie,* prouve que chez M. Thiéry le forestier est doublé d'un ingénieur très expert. Il s'en faut d'ailleurs que la théorie présentée dans ce chapitre se borne au simple rappel de méthodes antérieurement connues; la part personnelle de l'auteur y est très considérable, notamment en ce qui concerne le calcul des barrages curvilignes.

Quant aux procédés mêmes à mettre en œuvre pour l'exécution des ouvrages de défense, ils sont exposés, avec tous les détails désirables, dans le chapitre XV, où sont successivement examinées les questions relatives aux barrages en maçonnerie, aux clayonnages, aux fascinages et aux travaux d'assainissement.

L'établissement d'un barrage ne soulève pas seulement une question de résistance des matériaux; bien d'autres problèmes d'ordre mathématique se posent à cette occasion. M. Thiéry les résout dans les chapitres XVI et XVII (ce dernier spécialement réservé au débouché à donner à la cuvette). Les solutions très serrées et très détaillées sont toutes complétées par des exemples numériques propres à guider le praticien dans des cas analogues.

Non content d'ailleurs de mettre sous les yeux du lecteur ces exemples isolés, M. Thiéry consacre un chapitre tout entier, le XVIIIe, à l'application des formules qu'il a précédemment établies à la correction d'un torrent composé, à clappes, pour lequel il se donne tous les éléments qui seraient à recueillir sur place. C'est en somme un projet complet, sur données numériques, qu'il développe ainsi. Nous voyons là une innovation des plus heureuses qui serait à imiter dans tous les ouvrages de ce genre. Elle supprime de la part du praticien toute hésitation dans la mise en œuvre des enseignements du livre.

La troisième partie, qui a trait aux *Travaux de reboisement,* est assez succincte. L'auteur renvoie pour les détails aux livres spéciaux et notamment à celui de M. Demontzey. « C'est, dit-il, un simple récit que nous allons faire, notre intention étant uniquement de montrer aux lecteurs de l'*Encyclopédie* les conditions dans lesquelles ont été entrepris la restauration et le reboisement des montagnes du midi de la France ainsi que les résultats obtenus par l'administration forestière. »

Le sujet se trouve condensé en trois chapitres.

Le premier d'entre eux, qui est le XIXme de l'ouvrage, contient le tableau présenté sous une forme frappante des difficultés de

l'entreprise, difficultés d'ordre moral et d'ordre physique, signalées sur les exemples tirés de ce qui s'est fait dans les Pyrénées, les Cévennes et les Alpes.

Dans le chapitre XX sont exposées les méthodes employées suivant la nature des terrains auxquels on a affaire. Le chapitre XXI fait connaître les règles techniques relatives à l'exécution des travaux de reboisement.

L'ouvrage est complété par des tables propres à faciliter l'usage des formules données dans le texte. Quatre de ces tables sont numériques, les huit autres graphiques. Nous sommes d'autant plus enclin à féliciter l'auteur d'avoir fait connaître ces abaques qu'il se trouve en cela répondre à un vœu motivé que nous formulions récemment (1) et dont nous avons le ferme espoir de voir la réalisation devenir de plus en plus fréquente dans les écrits techniques. D'ailleurs, c'est un hommage à rendre au remarquable ouvrage de M. Thiéry, ce livre, qui se recommande d'ailleurs par une science très sûre, est écrit avec une préoccupation constante et une très juste notion des vrais besoins de la pratique. Il est appelé par là à obtenir les suffrages de tous les hommes techniques.

III. Architecture et constructions civiles. *Maçonneries.* — Ce dernier ouvrage, par son caractère exclusivement technique, échappe sans doute au cadre de la présente *Revue*. Nous demandons pourtant la permission d'en dire quelques mots, d'une part pour ne point laisser de lacune dans notre compte rendu général de l'*Encyclopédie des Travaux publics*, puis parce que ce livre nous semble de nature à intéresser toute une catégorie de lecteurs de la *Revue*. L'architecture, considérée par son côté technique, présente, en effet, de nombreux points de contact avec le génie civil.

Après une introduction où il définit le but de l'architecture et énumère les divers corps d'État dont le concours est nécessaire pour l'édification d'un bâtiment, l'auteur passe en revue dans un premier chapitre les différents matériaux et la

(1) *Avant-propos* de notre *Nomographie*. Nous croyons pouvoir, sans pour cela critiquer le moins du monde les abaques présentés par M. Thiéry, faire remarquer que les formules auxquelles ils se rapportent sont de celles pour lesquelles l'application de la *méthode des points isoplèthes*, développée dans le chapitre IV de notre ouvrage, est particulièrement avantageuse. Les abaques ainsi obtenus sont à la fois plus simples et plus nets que ceux à droites isoplèthes contenus dans le livre dont nous parlons. (M. O.)

façon de les mettre en œuvre pour l'exécution des maçonneries.

Dans le chapitre II, il indique un ensemble de règles empiriques propres à fixer les proportions des murs, laissant aux ouvrages spéciaux le soin de faire connaître les méthodes de calcul à appliquer lorsqu'on ne veut pas se borner à cette première approximation.

Le chapitre III traite, avec tous les détails pratiques que l'on peut désirer pour l'art du bâtiment, des fondations, des murs de cave et des murs en élévation.

Le côté plus spécialement architectural de la question est étudié dans les chapitres IV et V, qui terminent le premier volume, et sont relatifs l'un aux moulures et aux ordres, l'autre à la décoration des murs extérieurs.

La première partie du tome II est consacrée aux travaux de maçonnerie intérieurs : cloisons, planchers, voûtes (chap. VI); escaliers (chap. VII); éléments de décoration intérieure (chap. VIII); revêtements des sols (chap. IX). Sur ces divers sujets, l'exposé de l'auteur condense avec beaucoup de netteté tout ce que l'expérience a pu apprendre aux constructeurs.

Dans la seconde partie du tome II, l'auteur, jugeant sans doute la matière du chapitre I trop sommairement traitée pour le public spécial auquel il s'adresse et voulant affranchir celui-ci du soin de recourir à d'autres ouvrages, revient sur les propriétés et la fabrication des matériaux qui interviennent dans les maçonneries. C'est ainsi que le chapitre X est consacré aux roches naturelles utilisables dans les constructions, le chapitre XI aux chaux et ciments, le chapitre XII au plâtre, le chapitre XIII aux produits céramiques.

L'ouvrage de M. Denfer n'est évidemment pas de ceux qui se prêtent à une lecture courante. On n'y rencontre d'ailleurs ni vues théoriques, ni remarques critiques. En revanche on y apprend tout ce que l'expérience a permis à l'homme de nos climats d'ajouter à son instinct naturel en vue du problème de l'édification d'un bâtiment. C'est une mine féconde de renseignements précieux que tous les hommes techniques auront profit à consulter. Nous la leur recommandons sans réserve ; elle est de nature, en plaçant à leur portée immédiate une foule de données pratiques qu'ils pourraient avoir quelque peine à se procurer par des recherches spéciales, à les mettre en garde contre toute espèce de mécompte dans les applications de l'art de bâtir.

M. D'OCAGNE.

XIV

TRAITÉ D'ANALYSE, par H. LAURENT, Examinateur d'admission à l'École Polytechnique. Tome VI : *Calcul intégral. Équations différentielles partielles ;* 1 vol. in-8° de 339 pages. — Tome VII et dernier : *Applications géométriques de la théorie des équations différentielles ;* 1 vol. in-8° de 339 pages. — Paris; Gauthier-Villars et fils; 1890 et 1891.

Les deux volumes dont nous donnons ici les titres complètent le *Traité d'Analyse* dont M. Laurent poursuivait la publication depuis plusieurs années. Nous avons, au fur et à mesure de leur apparition, signalé les différentes parties de cet important ouvrage aux lecteurs de la *Revue* (1), et nous avons déjà suffisamment insisté, pensons-nous, sur l'esprit dans lequel le livre a été conçu pour n'avoir pas de nouveau à y revenir. Nous nous contenterons donc de signaler brièvement ici la matière des deux derniers volumes.

Le tome VI renferme les notions essentielles sur les équations aux dérivées partielles.

Le chapitre I est consacré à la théorie, classique depuis Lagrange, de l'intégration des équations linéaires du premier ordre à une inconnue. L'auteur y a particulièrement soigné la théorie des multiplicateurs à laquelle il a apporté des contributions personnelles dignes d'intérêt.

Le chapitre II, très développé, est relatif aux équations quelconques aux dérivées partielles du premier ordre à une inconnue. L'auteur a su très habilement y fondre, en ce qu'elles ont de véritablement fondamental, les recherches de Cauchy, d'Ampère, de Poisson, de Jacobi, d'Hamilton, de Liouville, de M. Bertrand.

M. Laurent s'est attaché, en donnant l'exposé de la célèbre méthode de Cauchy, à soustraire celle-ci à l'objection de M. Bertrand visant les cas où son emploi semble n'être plus permis. L'auteur n'a d'ailleurs pas négligé les exemples d'application empruntés notamment à la mécanique.

Le chapitre III a trait aux équations aux différentielles totales et aux équations simultanées aux dérivées partielles. On y trouve une méthode plus simple, au point de vue théorique, que

(1) Voir les livraisons suivantes : janvier 1886; juillet 1887; avril 1888; juillet 1890.

celle de Mayer pour l'intégration des équations aux différentielles totales, et une méthode ramenant l'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à l'intégration d'équations aux différentielles totales analogues aux équations canoniques qui n'en sont d'ailleurs qu'un cas particulier. M. Laurent étend la méthode de Jacobi au cas où l'équation à intégrer contient la fonction inconnue en utilisant une remarque, dont il est l'auteur, sur les conditions d'intégrabilité d'une expression différentielle. Il montre, chose digne d'intérêt, comment on peut diriger la méthode de Jacobi pour lui faire comprendre celle de Cauchy, ce qui permet de synthétiser presque toutes les méthodes connues.

Dans le chapitre IV, l'auteur s'occupe des équations simultanées et des équations d'ordre supérieur. Il reproduit la démonstration de Cauchy sur l'existence des intégrales, en montrant qu'en réalité il n'est besoin de considérer que les équations linéaires.

Il fait l'application du théorème qu'il a lui-même rencontré sur les conditions d'intégrabilité à un système considéré par Jacobi, et il montre que ce théorème conduit peut-être de la façon la plus élémentaire à l'intégration d'une équation du premier ordre.

Les chapitres V et VI sont relatifs aux équations aux différences et aux équations fonctionnelles, traitées ici, si nous ne nous trompons, avec plus de détail que dans la plupart des ouvrages didactiques. Il convient de signaler spécialement une curieuse application de la théorie des dérivées à indices non entiers à la solution d'un problème résolu autrement par Abel. A noter aussi, dans le chapitre VII, réservé aux fonctions harmoniques, l'exposé et la démonstration du principe de Dirichlet suivant un mode en partie inspiré d'Harnack.

Le chapitre VIII contient les notions fondamentales du calcul des variations avec application aux surfaces minima et à l'intégration, dans diverses circonstances, de l'équation classique $\Delta_{2u} = 0$.

Le chapitre IX, qui traite de la transformation des figures dans l'espace, ne se trouve pas logiquement à sa place. Il ne se compose, au surplus, que de quelques pages et ne doit être considéré que comme un hors-d'œuvre.

A titre d'observation générale, nous croyons devoir revenir sur l'importante remarque relative aux conditions d'intégrabilité faite par M. Laurent et dont il a su tirer un si heureux parti.

Nous ne saurions décider si la priorité lui en appartient bien en propre ; nous ne croyons pas, en tout cas, que jamais personne ait su comme lui en faire ressortir toute l'utilité.

Le tome VII et dernier est réservé aux applications géométriques de la théorie des équations différentielles qui, si on en excepte l'ouvrage magistral de M. Darboux dont le but est d'ailleurs tout à fait spécial, ne semblent avoir été traitées dans aucun ouvrage didactique avec de pareils développements.

Le chapitre Ier est relatif à l'étude, faite au moyen de coordonnées rectilignes, des courbes que l'on peut tracer sur une surface; le chapitre II, à la géométrie sphérique et à la théorie des images de Gauss, qui s'y rattache.

La théorie des coordonnées curvilignes est présentée avec beaucoup de soin et de netteté dans les chapitres III (surface) et IV (espace). Notons en passant que M. Laurent revendique comme lui appartenant, pour l'avoir donnée dans la seconde édition de de son *Traité de Mécanique,* la mise sous forme de déterminant de la condition pour que des courbes soient conjuguées, utilisée par M. Darboux dans son grand ouvrage. M. Laurent, de son côté, en tire parti dans un grand nombre de circonstances. Ce qui, d'ailleurs, caractérise le volume, c'est que presque tout se déduit de quelques formules fondamentales relatives aux coordonnées curvilignes. Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que le numérotage des formules qui commence au chapitre III se prolonge jusqu'à la fin avec les mêmes notations.

Le chapitre V contient la théorie des surfaces gauches ; le chapitre VI, la géométrie des lignes droites (congruences et complexes). Il nous suffira, pour en signaler l'importance, de dire que l'auteur a su y faire entrer, sous une forme à la fois très sobre et très méthodique, tout ce que, sur ce sujet, ont introduit d'essentiel dans la science les travaux de Monge, de Malus, d'Hamilton, de Kummer, de Plücker et, plus près de nous, de Klein, de Picard, de Ribaucour, de Kœnigs, etc...

Arrivé au terme de l'examen du livre de M. Laurent, on est frappé de l'incroyable richesse des matériaux qui y sont accumulés, et on admire le labeur patient du savant auteur qui a su les mettre en œuvre sous la forme didactique propre à rendre leur assimilation plus aisée. Ce traité ne peut évidemment suffire à lui seul à faire embrasser toute la science à celui qui étudie : nulle œuvre humaine ne saurait prétendre à une fin aussi haute; au moins est-il de nature à faire pénétrer le lecteur bien plus avant que les livres didactiques ordinaires dans le domaine des théories

connues. D'un ouvrage élémentaire aux mémoires immortels où les maîtres de la science ont déposé leur pensée, la distance est généralement trop grande pour n'être pas franchie sans un rude effort. Le livre de M. Laurent vient réduire cette distance; nous sommes presque tenté de dire qu'il conduit le lecteur au seuil même des régions les plus élevées de la science. Aussi pensons-nous que ce livre est appelé à figurer dans la bibliothèque de quiconque, une fois achevé le temps des écoles, veut parfaire son éducation mathématique pour atteindre à la pleine intelligence des plus hautes conquêtes de l'esprit humain. Il n'est pas moins recommandable d'ailleurs par l'abondance des renseignements historiques et bibliographiques, par le nombre et la variété des exercices qu'il contient. Et nous sommes convaincu que le succès répondra pleinement à la somme immense de travail et d'érudition qu'y a dépensée l'auteur, ainsi qu'au soin apporté par l'éditeur dans l'exécution matérielle de l'ouvrage.

M. D'OCAGNE.

XV

ENQUÊTE SUR LES HABITATIONS OUVRIÈRES de la ville de Bruxelles, en 1890. — Rapport présenté au Comité de patronage de la ville de Bruxelles (institué en vertu de la loi du 9 août 1889), par CH. LAGASSE, ingénieur en chef, directeur des routes et bâtiments civils, président de la section des Habitations ouvrières, et CH. DE QUÉKER, secrétaire de cette section et du Comité de Patronage. — Forte brochure in-4° de 26 pages, contenant en annexe les *Travaux statistiques de l'enquête* en 7 tableaux, les six premiers relatifs aux six divisions de police, le septième récapitulatif; — la *Liste générale des Sociétés d'Épargne de Bruxelles*, — et la *Liste générale des rues de Bruxelles divisées par séries*. — Bruxelles, De Bremaeker-Wauts.

PLANS D'UNE MAISON DE JOURNALIER ET D'UNE MAISON DE JARDINIER construites impasse de l'Olivier, à Schaerbeek, par CH. LAGASSE-DE LOCHT, 1890-1891. — Publication du Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics (service de santé et d'hygiène publique), pour servir aux Comités de patronage des habitations ouvrières.

La question des habitations ouvrières préoccupe à juste titre l'opinion publique, car il en est peu qui soient de plus haute importance sociale. L'hygiène publique, la moralité de la famille

ouvrière, la paix sociale sont ici en jeu. On voit le rôle considérable des comités de patronage créés par la loi sur les habitations ouvrières. Dans les nombreuses localités où le gouvernement les a constitués, ils se sont le plus souvent divisés en sections, en trois sections. A Bruxelles, la première section a dans ses attributions les habitations ouvrières; la deuxième, les institutions de crédit, d'épargne et d'assurance ; la troisième, la mutualité et la retraite.

Voici le plan de travail que s'est tracé la première section, d'après l'exposé présenté, le 16 mars dernier, par M. Lagasse, à la Société belge d'économie sociale :

I. L'enquête sur la situation de l'habitation ouvrière dans son ressort.

II. L'examen des moyens de remédier à cette situation, et notamment la recherche des modes les plus favorables d'intervention de la Caisse générale d'épargne et retraite de l'État.

III. La recherche des meilleurs types d'habitations ouvrières — c'est-à-dire des types les moins coûteux tout en étant les plus convenables, — et des emplacements les mieux choisis pour la construction de ces habitations.

IV. La protection de la propriété de l'ouvrier.

Les deux publications qui font l'objet de cette notice sont : la première, le rapport officiel sur l'enquête présenté au Comité de patronage de Bruxelles, réuni en séance plénière, le 23 avril 1891 ; — la deuxième, les plans de deux maisons construites à Schaerbeek par M. Lagasse pour démontrer par le fait la possibilité de bâtir à bon marché dans l'agglomération bruxelloise.

La construction à bon marché, tel est en effet le *desideratum*. Le but de la loi de 1889 serait manqué, si les efforts des pouvoirs administratifs et des particuliers aboutissaient à bâtir des maisons dont le prix de revient rendrait la possession et même la location inaccessibles à l'ouvrier. C'est presque une vérité de La Palisse. Elle est néanmoins bonne à dire parce que — l'auteur de ces lignes parle d'expérience personnelle — l'ouvrier, en présence des facilités de crédit qui lui sont faites et sous l'influence des gens du métier qui ont intérêt à grossir le coût de l'entreprise, modère difficilement ses désirs. On n'a guère en vue, lorsqu'on bâtit, que deux types de maisons : la *caserne*, comme on a si pittoresquement et trop justement dénommé la maison ouvrière *de rapport*, — et la maison bourgeoise. A la vérité, c'est le type intermédiaire qu'il importe de multiplier. Était-ce possible

dans une grande agglomération? Comme le philosophe antique qui prouvait le mouvement en marchant, M. Lagasse a donné au problème la solution pratique, la meilleure, en faisant bâtir à ses frais deux maisons de jardinier et de journalier, rue et impasse de l'Olivier, à Schaerbeek. L'Administration des Travaux publics a été bien inspirée en faisant publier les plans et le devis estimatif de ces constructions. Le coût d'exécution de la maison d'ouvrier — terrain non compris — s'élève seulement à 1428 francs 66 centimes.

L'enquête et le rapport où ses résultats sont consignés répondent à une incontestable nécessité pratique: il importe que le Comité de patronage de Bruxelles et les sociétés privées qui entreprendront de porter remède à la situation actuelle du logement ouvrier soient mis parfaitement au courant des faits. Pour atteindre ce but, le Comité a élaboré un Questionnaire inspiré de la méthode monographique pratiquée avec tant de fruit par Le Play et son école, et qui a été adressé par les soins de l'administration communale aux agents de police de section. Quatre-vingt-seize agents ont procédé à l'enquête : elle a donné des résultats excellents. Ce n'est pas à dire que les constatations soient satisfaisantes, mais les renseignements sont aussi précis qu'on pouvait le désirer.

En réalité, malgré le titre modeste du *rapport* de MM. Lagasse et De Quéker, sa portée sociale est considérable, et l'on y trouvera des renseignements du plus haut intérêt sur le taux des salaires, l'alcoolisme, l'épargne ouvrière, la bienfaisance publique. — Il a bien fallu aussi consacrer une rubrique spéciale à la *promiscuité*. Quoi d'étonnant si l'on songe que sur 19 594 *maisons*, les 19 284 *ménages* d'ouvriers de la ville n'en occupent que 4 601, ainsi répartis par l'enquête :

491	ménages	ouvriers	occupent	une *maison*.
1371	»	»	»	trois *chambres* et plus.
8058	»	»	»	deux »
6978	»	»	»	une »
2186	»	»	»	une *mansarde*.
200	»	»	»	une *cave*.

Quinze cents familles de plus de cinq *personnes* habitent une seule chambre.

Il y a 2895 familles où, faute d'espace, garçons et filles *adultes*

doivent coucher dans la même *chambre*, et 406 familles où ils doivent coucher dans le même *lit*, si, comme l'écrivent les rapporteurs, " un tel nom peut être donné à la paillasse, infectée souvent de vermine, et jetée la nuit au milieu de la chambre. "

Ce n'est pas seulement l'état de l'habitation ouvrière qui est ainsi révélé, c'est l'état social qui est brutalement mis à nu. Nous tenons de bonne source ce renseignement complémentaire et attristant : les nombreuses visites personnelles des membres du Comité de patronage les ont convaincus que les faits exposés dans le rapport ont été plutôt atténués qu'exagérés.

ÉD. VAN DER SMISSEN.

XVI

ÉTUDES SUR LA MANIPULATION DES MATIÈRES TEXTILES ANIMALES ET VÉGÉTALES, par P.-F. LEVAUX. Tome Ier, *Industrie lainière;* tome II, *Industrie cotonnière.* — Deux vol. in-8° de 200-400 pp. — Louvain, Charles Peeters, éditeur.

L'usage des vêtements de laine remonte à la plus lointaine antiquité. Suivant le témoignage des Livres saints, la tonte des troupeaux se fit régulièrement en Palestine et en Syrie dès le temps des patriarches; les mots de *chaîne* et de *trame*, qu'emploie le Lévitique en parlant des habits du lépreux, prouvent que les peuples de la vieille Asie s'étaient déjà rendu familier l'art de tisser. Les historiens profanes racontent qu'à l'époque où Rome subjugua la Macédoine, les natifs de l'Inde portaient des châles d'une finesse de tissu merveilleuse; ils nous apprennent même que les sœurs d'Alexandre le grand fabriquèrent de leurs mains une robe de laine pour la mère de Darius.

C'est au génie des Égyptiens que Pline attribue l'invention de la filature ; les Grecs et les Latins n'auraient fait que la leur emprunter. L'art du tisserand passe, en se perfectionnant, à Byzance et en Espagne. Au moyen âge, les Frères de Saint-Michel allèrent établir aux bords de l'Arno de vastes ateliers qui livraient au commerce 100 000 pièces d'étoffe par an. Longtemps auparavant, la Frise avait fourni aux guerriers francs le drap bleu de leurs manteaux : c'est ce qu'atteste Eginhard, secrétaire de Charlemagne.

De bonne heure, la Belgique excella dans la fabrication des

tissus. Elle achetait à l'Angleterre les toisons de ses troupeaux, et les manipulait avec grande habileté. Édourd III, jaloux de nos succès, fit des offres très brillantes aux ouvriers de la Flandre pour les engager à franchir la mer et à venir implanter leur industrie dans son royaume.

Il sera aisé de se faire une idée de l'extension de l'industrie lainière en Belgique, si on se rappelle que Pierre de Coninck commandait 4000 hommes de la corporation des tisserands à la bataille des Éperons d'or (11 juillet 1302). Et pourtant, l'art du drapier resta pendant plusieurs siècles à peu près stationnaire. La découverte de la vapeur et les progrès de la chimie, avec la substitution des appareils mécaniques au travail manuel, furent le point de départ d'un développement merveilleux. Il se fit une véritable révolution dans la manipulation des matières textiles. Chose remarquable ! l'introduction des machines dans les fabriques a pu rendre la production plus rapide, le travail plus régulier et plus parfait, elle n'a pas encore diminué le nombre des opérations.

Dans la première partie des *Études* que nous entreprenons d'analyser, l'auteur examine, une à une et par le détail, les manipulations de la laine ; il discute avec une science et une expérience très sûres les avantages ou les désavantages des divers procédés, et apprécie à sa valeur pratique chaque système et chaque appareil.

Nous le suivrons dans ses développements, sans toutefois refaire comme lui l'histoire des innombrables traitements que subit la fibre textile avant de se transformer en drap.

Tous nous avons vu ces énormes *balles* de laine brute, cerclées de fer, que l'Amérique envoie par milliers dans nos ports. A la fabrique, cette laine est livrée au *triage*, opération qui consiste à séparer et à rassembler avec entente les fibres de différentes qualités ; puis elle traverse trois bains et passe sous les cylindres-comprimeurs du *léviathan*. C'est le lavage (pp. 31-36) qui doit enlever le *suint*, sécrétion huileuse dont les fibres animales sont toujours enduites.

Cependant la laine reste chargée de chardons, de gratterons et d'autres impuretés : l'*échardonnage* l'en débarrasse (pp. 37-40). L'introduction de l'*échardonneuse* détermina un progrès notable dans la préparation à la filature. Tandis que l'Italie, la France et l'Angleterre frappaient d'ostracisme le nouvel appareil, la Belgique l'adopta avec un judicieux discernement, et c'est grâce à cette machine qu'elle a pu acquérir le monopole sur les marchés de l'Amérique du Sud.

L'auteur a observé dans sa pratique journalière qu'il est avantageux d'ouvrir les matières textiles sur un *brisoir*, avant de les livrer à l'échardonneuse. Dans le fait, cette précaution facile permet de procéder ensuite à un nettoyage plus intime, et partant de diminuer les déchets.

Nous sommes surpris que M. Levaux ne parle pas ici de l'*épaillage*, dont l'échardonnage même a provoqué les essais : pourtant cette opération est devenue une branche d'industrie très lucrative et qui occupe beaucoup d'ouvriers. Les déchets retiennent des filaments laineux que l'industriel devait autrefois abandonner bien à regret. On fit appel à la chimie. Au moyen de procédés délicats, on attaqua directement les corps étrangers, on parvint à les détruire et on sauva ainsi les quelques brins de matière textile qu'emportait chaque bourre. Grâce à l'*épaillage*, les déchets de l'échardonneuse atteignent aujourd'hui une valeur de 75 centimes par kilogramme, et donnent des fils qui se vendent jusqu'à 400 francs le quintal métrique.

Après l'échardonnage, le graissage (pp. 41-44) vient rendre les fibres de la laine plus lisses et les dispose à glisser sans accident l'une contre l'autre pendant l'étirage. Une machine ingénieuse, l'*ensimeur*, exécute ici un double travail : elle écourte les fibres trop longues, et ouvre les parties feutrées de la laine de façon à ce que la matière grasse puisse se distribuer partout d'une manière bien égale.

Mais entre les manipulations qui préparent la laine à la filature, le *cardage* est, sans contredit, la plus importante (pp. 45-63).

« La laine ne présente qu'un assemblage irrégulier de flocons, de densité et de texture inégales, qu'il serait impossible de transformer en un fil fin et uni, si l'industriel n'avait soin d'en démêler les filaments pour leur donner la direction et l'homogénéité convenables et leur faire prendre la forme de *rubans*. »

Tel est l'effet du cardage.

De cette opération dépendent la finesse et l'égalité des tissus ainsi que la beauté des étoffes ; voilà pourquoi la fabrication des *cardes* exige un outillage si parfait; voilà pourquoi il a fallu un puissant esprit d'invention pour arriver, à travers mille difficultés, aux machines admirables que notre industrie possède.

L'auteur des *Études* s'appesantit sur la question de la largeur du *travail* dans les machines à carder, question grave qui préoccupe vivement les fabricants : c'est l'éternel problème

d'une parcimonie outrée qui voudrait se passer des bras de l'homme et produire beaucoup avec peu d'engins et sans grands frais.

La laine convertie en *rubans continus* et en *fil frotté* est devenue propre au *filage* (pp. 63-72). On le sait, le " moulin à filer " a son histoire, une histoire quelque peu dramatique à son début, mais qui se rattache plutôt à l'industrie cotonnière. Aussi M. Levaux ne décrit-il ici que les applications du " moulin " au traitement de la laine, depuis la *Jeannette* et le *mull-Jenny* jusqu'aux magnifiques *self-actings* et aux *métiers Sykes*. A son avis, le métier Sykes présente de grands avantages pour la chaîne des laines communes; le *self-acting* Whiteley est préférable pour leur trame, et les machines Houget l'emportent à tous égards pour la filature des laines fines.

Avant le *tissage*, quatre opérations doivent *ourdir* les fils en leur donnant la longueur et la croisure, *encoller* la chaîne afin de la rendre résistante, la *sécher* à l'air ou à la vapeur, et enfin l'*ensoupler* avec une parfaite régularité (pp. 68-72).

Le *métier à tisser* (pp. 73-80) est la plus ancienne des machines : son emploi remonte aux temps fabuleux. Les Germains se sont servis du métier vertical; les Grecs et les Romains préféraient le métier horizontal.

Pendant de longs siècles, l'appareil n'a guère subi de transformation. Ce n'est qu'en 1787 que Cartwright conçut l'idée du *power-loom*. Treize ans plus tard, Joseph Jacquart, de Lyon, s'illustrait par l'invention du métier qui porte son nom. L'ancien métier a été enfin écarté par le *métier mécanique*, dont la marche et le travail sont absolument irréprochables.

Si la pièce de drap qui descend du métier a des *nœuds*, des *doubles*, des clairures ou d'autres défauts, c'est aux *brucelles* de la *nopeuse* à les corriger.

Le chapitre IX traite du foulage (pp. 80-90). Les anciens ont possédé le secret de cet art : des peintures et des fresques de Pompéi représentent des ouvriers, jambes nues jusqu'aux jarrets, foulant des tissus étendus sur le sol.

Le travail du foulon comprend le *dégraissage*, qui purge le drap de l'huile et de la colle dont ses fibres restent imbibées, et le *feutrage* par l'action de la chaleur et d'un savon spécial. L'appareil connu sous le nom de *polka* exécute mécaniquement cette dernière manipulation.

Sous les pilons et les cylindres de la foulerie, les filaments du tissu se sont recourbés et contractés ; il est donc nécessaire de

les redresser et de former à la surface de l'étoffe un duvet régulier qui cache la croisure. Jadis cette opération, ou *lainage* (pp. 91-98), s'exécutait à la main, à l'aide de têtes de chardons.

En 1806, un Belge, François Faux, s'avisa d'attacher les chardons sur des cadres fixés à un large tambour. L'idée fit son chemin, et nous la retrouvons à peine modifiée dans le système des " tambours doubles à travail automatique sur poil et contre-poil ", avec cette différence toutefois qu'une seule machine actuelle, desservie par un *laineur*, fait l'ouvrage de dix appareils primitifs conduits par vingt hommes !

Le *tondage* se combine avec le lainage et rend la surface du drap unie et brillante (pp. 99-104). Au lieu des antiques *forces*, l'apprêteur emploie des lames montées en spirale sur un cylindre qui effleure une autre lame droite et fixe.

Il ne reste plus alors qu'à *décatir* le drap pour compléter sa " toilette ". Le procédé est simple : on roule la pièce sur un cylindre en cuivre, perforé de petits trous et creux à l'intérieur ; un jet de vapeur est lancé dans ce cylindre et, s'échappant par les trous, va traverser l'épaisseur du tissu. Grâce à cette précaution, l'étoffe n'aura plus à souffrir des agents extérieurs, et elle pourra affronter pluie et soleil, sans rien perdre de son lustre ni de sa fraîcheur.

Voilà un exposé rapide de la nature et de l'ordre des opérations qui convertissent la laine des toisons en drap de bonne vente. Chacune de ces manipulations fournit à M. Levaux la matière d'un article spécial dans lequel il reconstitue, pour ainsi dire, la genèse de chaque appareil, remontant à sa forme la plus rudimentaire et passant par le détail des changements successifs qu'y ont apportés la science mécanique et l'expérience.

Le tome II des *Études* est consacré à l'*Industrie cotonnière*. A l'entrée du volume (pp. 1-30), nous trouvons des données pleines d'intérêt sur la manufacture du coton à tous les âges de son histoire.

La fabrication des toiles fut connue en Asie de longs siècles avant de pénétrer en Europe. Les tissus arrivaient de l'Inde sous forme de calicot et de mousseline, et déjà teints par impression. Le coton en laine, provenant de Smyrne et de l'île de Chypre, était préparé et filé à la main dans les campagnes de Belgique, d'Angleterre et de Normandie, en Suisse et dans les Vosges. L'établissement des premières manufactures en Occident date du XIVe siècle. Cependant les traces les plus lointaines

de l'emploi du coton en France ne remontent qu'à 1534. C'est plus tard encore que la Grande-Bretagne ouvrit des fabriques à la nouvelle industrie. Plusieurs souverains favorisèrent ses progrès, et le Parlement édicta des lois sévères pour protéger les produits indigènes contre la concurrence du dehors.

Ainsi, tandis que les filateurs du continent se bornaient à employer les tissus de l'Inde, les Anglais s'interdisaient même la faculté d'acheter dans leurs propres colonies. C'est ce qui plaça bientôt les Iles Britanniques au tout premier rang de puissance industrielle.

L'ouvrage sur l'*Industrie cotonnière* se divise en deux parties, qui étudient la *Filature* (pp. 31-183) et la *Teinturerie* du coton (pp. 185-400).

La 1re partie nous fait connaître le coton et sa culture (pp. 31-36). Le coton est une espèce de bourre végétale, en filaments ténus et soyeux, qui enveloppe les graines du " cotonnier „. La cueillette commence en août et finit aux gelées. Jusqu'à sa maturité, le coton est renfermé dans une capsule; il s'étend sous l'action du soleil, la capsule s'ouvre et livre plusieurs petites graines noires dont le *moulinage* sépare les fibres textiles.

Le cotonnier croît dans les régions tropicales, et aime le rivage de la mer. Après avoir discuté la valeur des *diverses qualités des cotons* (pp. 37-46) suivant le genre des tissus à fabriquer, l'auteur insiste sur l'importance de la *préparation à la filature* (pp. 47-74); puis il décrit l'organisation de l'atelier du nettoyage et de l'atelier des mélanges où le coton est ouvert, égrené, battu et mis en matelas réguliers.

S'il semble indifférent que les fibres de certaines matières textiles soient disposées parallèlement ou restent mêlées, pour le coton la position parallèle des fibres est de rigueur. C'est ce qui explique les soins minutieux que les filateurs apportent au *cardage* (pp. 75-106); c'est aussi ce qui a provoqué la construction de tant de machines à carder. M. Levaux examine une à une les plus récentes inventions, et il justifie sa préférence pour les " cardes combinées à cylindres et à chapeaux, et à chapeaux tournants „.

L'opération du cardage précède immédiatement la filature. Jusqu'au XVIe siècle, le coton fut filé à la main, puis le rouet remplaça la quenouille. Vers le milieu du XVIIIe siècle, un Anglais, Thomas Highs, imagina un appareil " capable, pensait-il, de remplacer cinquante fileuses „. Il s'associa l'horloger Kay, son ami, et travailla avec lui en cachette.

Malheureusement, sa fille Jenny trahit le secret. Les ouvriers

de Leigh mécontents s'attroupèrent devant l'atelier et menacèrent les innovateurs. Le péril était grand. Kay s'enfuit, et Highs, découragé, détruisit son œuvre. Plus tard, cependant, il la reconstitua dans le fond de sa demeure, loin de tout regard ; sur le point de mourir, il manda Kay et lui légua son invention, à condition que la machine serait baptisée du nom de sa fille Jenny. Richard Arkwright, barbier à Preston, entendit raconter ces faits, et songea immédiatement à s'approprier l'œuvre de Thomas Highs. Il fit si bien qu'en 1772 l'exploitation de la *Spinning-Jenny* lui était exclusivement réservée par un brevet.

Rectifions ici une erreur qui a cours en Belgique et qui fait du gantois Liévin Bauwens l'inventeur du métier à filer. Bauwens se contenta d'apporter sur le continent, à travers mille dangers et au risque de sa vie, le " moulin anglais " ; il l'offrit en cadeau à Napoléon Ier, et fut autorisé à installer en France la première filature mécanique.

M. Levaux a développé la question de la *filature du coton* (pp. 107-144) avec toute l'autorité qui lui vient de sa longue pratique; il passera plus rapidement sur l'explication du *numérotage des fils* (pp. 145-149) et sur les procédés de *tissage* (pp. 149-158) que l'*Industrie lainière* nous a fait connaître. Un chapitre spécial est consacré au *développement de l'industrie cotonnière* (pp. 159-183) : il donne des statistiques du plus haut intérêt. Nous y lisons que la Belgique travaille avec 1 000 000 de broches environ, chiffre très élevé eu égard à la petitesse du pays et à l'exiguïté de ses débouchés. La France n'en compte que 5 000 000.

En Angleterre, les manufactures de coton emploient autant de capitaux et occupent autant de bras que toutes les autres branches d'industrie ensemble. Le nombre des fabriques s'y élève à près de 8000, travaillant sur 800 000 métiers mécaniques avec 40 000 000 de broches.

La seconde partie du volume étudie les principes et les opérations de la teinturerie (pp. 185-400) : c'est la partie la plus savamment traitée. Il suffit de considérer les variétés infinies de nuances, le nombre des matières tinctoriales et leurs degrés de fixité, de volatilité ou de solubilité, pour se figurer la somme de connaissances et l'expérience qui sont de rigueur chez le chef d'une teinturerie. C'est donc un service marquant que vient rendre aux praticiens le livre qui leur enseigne les leçons d'une science éprouvée et tous les secrets du métier.

Les limites de cet article ne nous permettent pas d'entrer,

avec M. Levaux pour guide, dans tous les détails de l'*organisation des ateliers de teinture,* ni de nous familiariser avec les procédés du *décreusage* et du *blanchiment,* ni d'assister au *montage des cuves* et au traitement de leurs maladies. C'est bien à regret également que nous ne faisons que signaler le magnifique traité des *mordants et des bains colorants* (pp. 228-270).

Les chapitres XXII et XXIII expliquent les procédés pour donner au coton la couleur rouge *petit teint, bon teint* et *grand teint* (pp. 270-284), et pour créer le *rouge turc* si éclatant et si solide (pp. 284-305).

Les couleurs jaunes, les tons fauves, le noir " grand teint ", les nuances aurore, bois, bronze, amarante, brun de café ou de muscade, etc., etc. (pp. 306-330), font tour à tour l'objet d'une analyse soigneuse et toute en vue de la pratique.

Pour être complet, l'auteur nous parle aussi de la *teinture par impression sur les tissus de coton* (pp. 347-378), manipulation importante pour la fixation des dessins colorés sur une étoffe. L'impression, que nous voudrions appeler " teinture locale ", repose sur les mêmes principes que la teinture proprement dite (1), mais elle offre plus de difficultés à l'industrie. L'art de faire des *indiennes* a été importé de l'Orient au XVIIe siècle avec son outillage et ses lois. Il prit un rapide essor en Europe.

Chose étrange! chaque peuple a encore sa méthode d'imprimer les couleurs. Les Indiens cousent de petits nœuds dans la toile de façon à ce que la couleur ne touche pas le point où le fil serre. Dans l'Indo-Chine et en Malaisie, les indigènes imprègnent le coton de résine aux endroits à réserver; après la teinture, ils font bouillir le tissu dans une lessive de cendres qui enlève la résine. Les Chinois recourent aux mordants, et les Japonais à une réaction par la vapeur d'eau.

L'Europe imprime de préférence avec des agents chimiques, par la méthode du *réservage* ou celle de l'*enlevage* dont M. Levaux développe les formules.

Quant aux *couleurs d'application* elles-mêmes, la vogue appartient aujourd'hui aux " couleurs-vapeur " : ce mode a été adopté par les fabricants d'indiennes à cause de sa simplicité, car la vaporisation permet de fixer par une seule opération toutes les nuances d'un dessin.

(1) L'auteur a dévoilé ses meilleures recettes dans son *Traité de teinture sur laine et sur étoffes de laine.* Vol. in-8° elzévirien de 300 pp. Liége, Jacques Godenne, éditeur. 1891.

Avant de quitter les ateliers pour être livré à la vente, le coton a encore à subir le *flambage* (pp. 379-389) et, comme la laine, à recevoir un apprêt (pp. 390-400) qui le rend brillant, souple et moelleux et lui *donne de la main*.

Les tomes III et IV des *Études sur la manipulation des matières textiles* sont en cours d'impression : ils étudient le traitement technique de la *soie* et du *lin*, et sont destinés, dans la pensée de l'auteur, à servir de guide pratique et de *vade-mecum* aux directeurs de filature.

J. L.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

Reproduction artificielle d'un trachyte micacé. — Dans des expériences précédentes, MM. Fouqué et Michel Lévy (1) ont reproduit par fusion ignée, sans pression, beaucoup de roches éruptives, mais jusqu'ici ils n'étaient pas parvenus à reproduire des roches acides. Les expériences de Sénarmont, Daubrée et Friedel ayant prouvé que les minéraux de ces roches acides ne se reproduisent que par l'action de la chaleur et de l'eau sous pression, MM. Fouqué et Michel Lévy ont voulu tenter de nouvelles expériences. Une difficulté se présentait dans ces expériences : il fallait avoir un métal conservant une certaine résistance au rouge vif. Les expérimentateurs sont parvenus à la vaincre en employant un creuset de platine à 10 p. c. d'iridium. Ils ont procédé à deux expériences en opérant sur du granite de Vire fondu et pulvérisé, en présence de l'eau. La première

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1891.

expérience a duré quinze jours. On a obtenu une masse de grains de verre agglutinés et entourés d'une substance blanche cristalline. Dans le ciment qui réunit les grains et dans le centre de ceux-ci, on trouve de nombreuses lamelles d'orthose, et au centre des grains de spinelle et de la magnétite.

Dans la seconde expérience, qui a duré un mois, les résultats sont plus complets. On a obtenu une roche homogène bulleuse. En plaques minces, on y remarque des traînées à grands cristaux. Les trois minéraux reconnus sont les spinelles en octaèdres, des lamelles de mica noir et de l'orthose avec macle de Carlsbad fréquente. C'est donc un trachyte micacé.

Pluie de pierrailles calcaires dans le département de l'Aube. — A la suite d'un violent orage, on a constaté à Pel-et-Der (Aube) que les champs étaient sur une certaine étendue couverts de pierrailles arrondies, de 26^{mm} sur 35^{mm}, un peu aplaties comme des galets. Elles sont d'un blanc crayeux à l'intérieur et présentent de nombreuses tubulures. M. Stanislas Meunier (1), qui les a examinées, a reconnu que c'était du calcaire, et qu'il dégageait une odeur bitumineuse par l'attaque aux acides. Ces pierrailles ne peuvent provenir de la localité, où le sous-sol est formé de craie recouverte d'alluvions épaisses. M. Meunier croit qu'on doit les rapporter au travertin connu sous le nom de calcaire de Château-Landon (Seine-et-Marne), qui présente exactement les mêmes caractères et la même composition chimique. Or Pel-et-Der est à 150 kilomètres du gisement le plus rapproché de ce travertin.

Formation actuelle de minéraux sulfurés. — On a déjà plusieurs fois décrit la production de sulfures sous l'influence d'eaux minérales sulfurées. M. Chuard (2) décrit un cas de production de sulfure dans des conditions encore plus simples et sans l'intervention d'eaux minérales. En examinant les instruments en bronze provenant des palafittes des lacs suisses, il a reconnu que les outils qui avaient été trouvés plongés dans la vase étaient recouverts d'une croûte brillante jaunâtre qui à l'analyse s'est montrée être de la pyrite cuivreuse stannifère. Or la vase des lacs est riche en matières organiques (4 p. c.). On

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1891.
(2) *Ibidem*, 1891.

voit donc que ces sulfures peuvent se produire dans des conditions très simples de composition, de pression et de température.

Coquilles tertiaires dans un tuf volcanique du Limbourg. — Dès 1870, M. Bleicher avait reconnu de nombreux végétaux dans les tufs associés à la fameuse roche du Kaizerstuhl à laquelle M. Rosenbusch a donné le nom de limburgite et qu'il regarde comme d'âge tertiaire. Malheureusement ces végétaux étaient indéterminables. Plus récemment, M. Bleicher (1) a trouvé dans un de ces tufs de nombreuses coquilles terrestres tertiaires. Ainsi se trouve confirmée l'hypothèse de M. Rosenbusch au sujet de l'âge de la limburgite.

Dépôts siliceux aurifères d'anciennes sources minérales (2). — Il existe dans le Queensland une mine d'or extrêmement riche, que M. Jack a reconnue comme étant un dépôt d'anciennes sources siliceuses. Ces dépôts recouvrent la colline appelée " Mount-Morgan ". Ils constituent une cheminée au centre de la colline et recouvrent le sommet et les flancs de la colline d'une sorte de manteau. Le massif rocheux de la colline est formé de quartzites gris-bleus du permo-carbonifère traverses par de nombreux dykes de roches éruptives : rhyolithe, diorite, etc., dont l'un s'étend même jusque dans le dépôt siliceux. Les filons aurifères sont nombreux dans ces quartzites. Le dépôt siliceux se présente comme une matière claire, spongieuse et bulleuse, flottant sur l'eau. Elle est stérile sur les flancs de la colline, mais au sommet et dans le noyau central elle renferme jusque 169 onces d'or à la tonne. Dans ces dernières places elle est associée à de l'hématite souvent en stalactite, qui prouve bien l'origine aqueuse du dépôt. Des échantillons de ce dépôt siliceux ont été envoyés à M. Weed qui, depuis de nombreuses années, étudie pour le *Geological Survey* des États-Unis les fameux geysers et leurs dépôts dans le Parc National du Yellowstone, et qui a par conséquent une compétence spéciale. Par l'étude au microscope, M. Weed a reconnu que ce n'est pas une ponce, mais bien un dépôt de source thermale, quoiqu'il ne connaisse dans le Parc aucun dépôt absolument semblable. Sa composition chimique est d'ailleurs presque identique à celle de certains dépôts

(1) *Comptes rendus Acad. des sciences de Paris*, 1891.
(2) *American Journal of Science and Arts*, 1891 (septembre).

siliceux du Parc. Malgré de longues recherches, on n'a jamais rencontré dans ce dernier la moindre trace de métaux précieux.

Origine du pétrole. — Dans un travail lu récemment (1), M. Ross revient sur les théories en cours sur l'origine du pétrole. La plus généralement admise est qu'il provient de la décomposition d'animaux, de poissons spécialement. M. Ross ne peut se rallier à cette hypothèse, vu que la décomposition de poissons ne peut pas donner naissance à une huile renfermant de la paraffine. Or c'est généralement le cas pour le pétrole ; et comme il est peu probable qu'il n'en ait pas toujours été ainsi, c'est-à-dire que la décomposition des poissons ait jamais pu fournir d'huile à paraffine, M. Ross croit devoir exposer une autre hypothèse. Il examine d'abord les conditions dans lesquelles se trouve le pétrole. On le rencontre toujours au voisinage de calcaires, de gypse, d'eau salée et de manifestations volcaniques. Le pétrole se compose surtout de carbone ; or les calcaires en renferment jusque 12 p. c., et ils sont en masses si puissantes et si répandues que la quantité totale de carbone qu'ils renferment est réellement prodigieuse et peut amplement fournir ce constituant important du pétrole. M. Ross constate également qu'en faisant agir sur du calcaire les produits gazeux les plus répandus des volcans, l'acide sulfureux et l'acide sulfhydrique, on obtient, en variant les proportions, tantôt l'éthylène et ses homologues, qui sont les huiles de Bakou, et tantôt le gaz des marais et ses homologues, les huiles d'Amérique. Le calcaire se transforme en outre en gypse. On obtient les mêmes résultats en opérant avec de la vapeur d'eau et de l'acide sulfhydrique, mélange très répandu dans les volcans. Les pétroles formés par cette réaction tantôt se seraient accumulés en des cavités creusées par les eaux dans les calcaires, tantôt ils auraient imprégné des roches massives, grès, calcaires ou schistes, en produisant ces roches bitumineuses qui sont si répandues dans les étages géologiques.

Age de la formation des Cordillères. — Depuis que Humbold l'a fait pour la première fois bien connaître, la chaîne des Cordillères passe avec raison pour le type le plus remarquable des chaînes de montagne. C'est en effet la plus longue (3000 lieues) et la plus régulière en direction que l'on connaisse,

(1) *Report of the British Association. Cardiff Meeting*, août 1891.

et elle joue dans la structure de l'Amérique un rôle capital, puisqu'elle en constitue réellement l'épine dorsale. Or M. Howorth (1) remarque que, sur presque toute la longueur de cette chaîne, on ne rencontre que des traces d'actions glaciaires et qu'on y voit en effet peu ou point de cailloux et de roches striées, de rochers moutonnés. Dans l'Amérique du Sud, des deux côtés de la Cordillère, on ne remarque pas ces innombrables cailloux que les glaciers ont coutume d'entraîner dans les plaines situées au pied des montagnes qu'ils recouvrent.

Il y a en effet dans les plaines du Brésil et de la Plata des espaces de plusieurs milliers de kilomètres carrés où une pierre est une rareté. Dans l'Amérique du Nord, on constate la même absence de manifestations glaciaires dans les chaînes des Montagnes Rocheuses proprement dites. C'est ce qui est unanimement attesté par MM. Clarence King, Whitney, Whright, Dawson, Gilbert, qui n'ont pu y découvrir que quelques rares exceptions locales. Et pourtant les traces de glaciers ne sont pas rares dans l'Amérique du Nord, tant à l'est qu'à l'ouest des Rocheuses proprement dites. On trouve même dans la région des grands lacs les plus gigantesques manifestations de glaciers qui existent, sous forme de moraines, blocs striés, etc.

Quelle peut donc être l'explication de ce phénomène? M. Howorth croit que non seulement les Cordillères sont, comme le dit Élie de Beaumont, les montagnes les plus récentes du globe, mais qu'elles sont même postérieures à la période glaciaire. Elles auraient pris naissance dans les bouleversements qui mirent fin à la période du Mammouth. Ce qui le prouve bien, c'est que, contrairement à toute attente, les Rocheuses ne constituent pas une frontière zoologique. Pour ne citer qu'un fait, le Mastodon se retrouve, dans l'Amérique du Sud, des deux côtés de la Cordillère. Il est pourtant peu probable que cet animal qui se nourrit d'arbres ait pu traverser les arides sommets de la Cordillère. Les restes de ces animaux se retrouvent d'ailleurs à des hauteurs de 2500 mètres et plus, là où il leur serait certes difficile de vivre. Il est également un fait remarquable à citer, c'est celui de la vaste extension du dépôt appelé « loess ou boue des Pampas ». Il recouvre indistinctement les plaines basses, les plateaux et les vallées élevées de 2500 mètres. Or ce dépôt, qui se montre comme un produit manifeste de sédimentation par les eaux, comment admettre qu'il ait été formé à des hauteurs si

(1) *Geological Magazine*, 1891.

diverses? N'est-il pas nécessaire d'admettre plutôt que tous ces points recouverts d'une même formation ont été primitivement à un niveau sensiblement égal? On peut donc, remarque M. Howorth, dire après d'Orbigny : « il y a eu parfaite coïncidence entre le soulèvement des Cordillères, la disparition des grands mammifères et le dépôt de boue des Pampas. » Ce soulèvement est certainement post-tertiaire.

L'éocène et l'oligocène du bassin de Paris. — Dans un travail assez étendu (1), MM. Harris et Burrows étudient les formations tertiaires du bassin de Paris dans le but de contribuer à la synchronisation des formations analogues de l'Angleterre. Ils décrivent d'abord les faits stratigraphiques les plus importants au moyen de coupes levées dans les localités les plus caractéristiques. Les fossiles ont toujours été le grand moyen d'établir des rapprochements entre dépôts tertiaires, à cause de leur grand nombre et de leur vaste répartition. Aussi la partie la plus développée et de beaucoup la plus intéressante du travail de MM. Harris et Burrows est-elle une liste de fossiles tertiaires du bassin de Paris. Elle ne comprend pas moins de 3500 fossiles, et les auteurs ont eu recours pour la dresser aux collections de Deshayes, Cossmann et nombre d'autres. Cette liste, qui a dû nécessiter un travail considérable de compilation et de critique, sera très précieuse à tous ceux qui s'occupent des terrains tertiaires.

Considérations nouvelles sur l'origine de l'ambre jaune. — A la suite de l'étude d'une belle collection d'ambres provenant de Sicile, M. Bombicci (2) discute l'origine et la nature de cette matière. Il croit que le véritable ambre jaune doit être une matière bitumineuse provenant d'une lente altération chimique d'hydrocarbures produits par la sécrétion ou la fossilisation de plantes. Il constate également que l'on comprend sous le nom d'ambre des produits très divers d'origine et de composition. Parmi ces produits, on remarque d'une part des résines de conifères faiblement transformées et, d'autre part, des ambres devenus bitumineux, sulfureux, fluorescents, riches en acide succinique.

Poudingue d'origine endogène. — M. Cacciamali (3) a observé à Montecassino un calcaire crétacé à stratification régu-

(1) *Proceedings of the Geologist Association*, 1891.
(2) *Mem. Acc. Instit. Bologna*, s. IV, t. X.
(3) *Riv. di Scienze natur. Siena*, t. X.

lière, compact, quelquefois à texture arénacée, quelquefois bréchiforme. Il a également observé un poudingue interstratifié régulièrement dans les couches de calcaire. Le poudingue est peu cohérent et, chose curieuse, est formé de fragments des calcaires encaissants, fragments parfaitement arrondis. Pour expliquer ce fait, M. Cacciamali suppose que des mouvements ont fracturé des bancs de calcaire en quelques places et que les fragments ainsi produits ont été arrondis par la circulation d'eau dissolvante.

Reste à savoir si l'on ne peut pas admettre avec plus de vraisemblance que le banc de poudingue est bien sédimentaire et formé aux dépens d'un calcaire qui se serait consolidé immédiatement après son dépôt.

Présence du dévonien en Calabre. — Les terrains paléozoïques sont, comme on sait, très rares en Italie, surtout dans la partie méridionale, à l'exception du permien bien connu de la Sicile.

L'ingénieur Cortese a trouvé un trilobite dans des schistes peu puissants, brun-violets, luisants, passant au calschiste noduleux. Ce trilobite, que M. Cortese a trouvé près de Stilo, est le *Phacops lævis* du dévonien supérieur (1).

Plissement des couches au voisinage des fractures.—On a déjà maintes fois cité des couches se recourbant au voisinage de failles ou de crevasses métallifères. Dans ce dernier cas, les observations ne sont pas malheureusement aussi nombreuses qu'elles devraient l'être. Les exploitants s'en inquiètent très peu et, d'autre part, l'étude n'est pas toujours facile lorsque les roches sont identiques des deux côtés de la fente. Dans le nord de l'Angleterre, dans les formations plombifères, les strates sont minces et de compositions diverses, c'est ce qui a permis à M. Burns (2) de faire une étude plus approfondie de la question. Il a reconnu quatre cas : 1° Il y a fracture sans plissement des roches avoisinantes; 2° Les couches se replient dans le même sens vers le haut contre la fracture; 3° En considérant les deux lèvres de la faille dont l'une s'est abaissée et l'autre s'est relevée, dans la première les couches se reploient vers le haut et dans la seconde elles se reploient vers le bas; 4° Le reploiement des couches se fait en sens inverse.

(1) *Boll. del Comitato geologico d'Italia*, Serie 3, t. I.
(2) *Transact. of the North of England Instit. of Engineers*, 1891.

Pour expliquer ces différents phénomènes, M. Burns recourt à l'intervention de la contraction de l'écorce terrestre et à des fluides internes sous pression. Le premier facteur suffit amplement, comme on l'admet aujourd'hui, à expliquer ces apparences.

Voici comment M. Burns explique les quatre phénomènes. 1er cas. Une des lèvres de la faille s'est abaissée librement et en masse par rapport à l'autre. Elle n'exerce donc aucune pression sur celle-ci et les couches conservent leur inclinaison normale. 2e cas. Un fluide interne à haute pression s'est fait jour vers le haut par une fracture en refoulant devant lui la tranche des couches. Il est bien plus simple et plus naturel d'admettre que le reploiement s'est fait par le frottement mutuel des deux lèvres de la fente s'effondrant en basculant chacune autour d'un point qui reste fixe. 3e cas. C'est le plus général, et M. Burns l'explique très bien. Une des lèvres de la faille basculant autour d'un point fixe s'effondre, alors que l'autre lèvre reste tout entière fixe. La lèvre qui s'effondre, en frottant sur la lèvre fixe, force ses propres couches à se replier vers le haut et celles de la lèvre fixe vers le bas. 4e cas. Il est beaucoup plus rare; M. Burns le regarde à tort comme difficile à éclaircir et recourt à l'intervention de fluides internes pour l'expliquer. Il est pourtant aisé de voir que c'est la contre-partie du cas précédent. Une lèvre de la faille restant fixe, l'autre bascule autour d'un point fixe et se relève par rapport à l'autre. Par le frottement qu'elle produit, ses couches restent en arrière sur la tranche et se reploient vers le bas tandis que, dans la partie fixe, la tranche entraînée par le frottement de la partie mobile se reploie vers le haut.

Action de la calcite sur le sulfate ferreux. — Il existe de nombreux dépôts de minerais de fer dont l'origine est nettement sédimentaire. M. Cesaro (1) s'est demandé quel avait été le réactif qui avait causé la précipitation de ce fer. Il a reconnu que le carbonate de chaux, corps très répandu dans la nature, agit à froid sur une solution ferrique et en précipite de l'hydroxyde de fer. Le précipité et les fragments de carbonate de chaux, voyageant par suite du dégagement des gaz, finissent par prendre une forme globulaire. Ce dernier fait est très intéressant, car les minerais de fer en couche présentent presque toujours cette forme. Les conditions très simples requises pour la production du phénomène doivent être fréquemment

(1) *Annales Soc. géologique de Belgique.* 1891.

réalisées dans la nature, les sources ferreuses et le carbonate de chaux étant très répandus. Dans d'autres expériences, M. Cesaro a reconnu que, par l'action lente de la craie sur des solutions de sulfate ferreux, il y a production de beaux cristaux de gypse et d'oolithes de calcite ferrifère.

En opérant sur des solutions ferreuses très étendues, la craie se transforme en oolithes ferrugineuses. Or dans la limonite oolithique du bajocien de Mont-Saint-Martin, on a renseigné jusque 1,75 p. c. de gypse, et ces minerais sont en relation avec des calcaires oolithiques, fait d'ailleurs fréquent.

Découverte d'un caillou de schiste à paragonite du Gothard en Belgique. — M. Delvaux (1) signale la découverte d'un caillou remarquable dans la vallée du Démer. Ce caillou, qui a été étudié par MM. de Koninck et Renard, a été reconnu comme un fragment de schiste à paragonite. Or, on ne connaît, en Europe du moins, qu'un gisement de cette roche, c'est dans le massif du Saint-Gothard.

Formation de la barytine de Rumelange. — M. Cesaro (2) ayant examiné des cristaux de barytine trouvés dans une ammonite de la limonite oolithique de Rumelange, a reconnu que la barytine avait été formée après la calcite et que la présence de celle-ci exclut la possibilité d'avoir recours à la présence d'une solution acide qui aurait seule été capable de dissoudre la barytine. La barytine n'a donc pu prendre naissance que par double décomposition, et il est à noter en plus qu'en même temps que la barytine, M. Cesaro a constaté la présence de sidérose cristallisée. Or, en faisant agir du sulfate ferreux sur du carbonate de baryte, on obtient du sulfate de baryte et de la sidérose.

La même réaction aurait pu se produire avec la calcite et donner naissance à du gypse et à de la sidérose ; mais le sulfate barytique étant infiniment moins soluble que le gypse, c'est lui qui se forme de préférence et la calcite reste intacte.

X. Stainier.

(1) *Annales Soc. géologique de Belgique.* 1891.
(2) *Ibid.*

CHIMIE.

L'acide azothydrique (1), découvert et étudié par M. Curtius de Kiel, doit être cité en première ligne parmi les récentes conquêtes de la chimie. Ce corps, de formule HN_3 et de structure moléculaire $H-N\begin{smallmatrix}N\\N\end{smallmatrix}$, est un liquide incolore très volatil. Il émet à la température ordinaire des vapeurs suffocantes et bout sans décomposition à 37°. A l'encontre de ce qu'on observe pour le gaz ammoniac H_3N, sa solution aqueuse est fortement acide, dégage de l'hydrogène au contact des métaux et donne, par substitution, des composés salins analogues aux chlorures. Ses sels les mieux connus jusqu'à présent sont les azotures d'ammonium $H_4N.N_3$, de sodium NaN_3, d'argent AgN_3, de mercurosum $Hg_2(N_3)_2$ et de plomb $Pb(N_3)_2$. Aussi bien que l'acide anhydre et sa solution aqueuse, ils constituent tous des explosifs redoutables et capricieux. Congénère du gaz ammoniac par sa composition qualitative, l'acide azothydrique se rattache par son origine aux dérivés du carbone. Il constitue donc un trait d'union nouveau entre la chimie minérale et la soi-disant chimie organique.

Vu l'importance et l'intérêt de la découverte, nous décrirons prochainement, avec plus de détails, l'acide azothydrique NH_3, l'hydrazine $NH_2—NH_2$ et, nous l'espérons, la triamide $NH_2—NH—NH_2$, non encore isolée jusqu'ici, mais activement poursuivie dans ses dérivés. Il nous semble plus à propos de ne pas séparer cette glorieuse triade des nouveaux hydrures d'azote, à laquelle restera attaché le nom de M. Curtius.

Le nickel-carbonyle. — Chauffé à 400° dans un tube à combustions, le nickel métallique très divisé décompose l'oxyde de carbone; de l'anhydride carbonique se dégage, et il reste dans l'appareil un composé fixe de carbone et de nickel.

Trois chimistes anglais, MM. J. Quincke, Ludwig Mond et Carl Langer (2) étudiaient cette réaction. Pour éviter la diffusion, dans le laboratoire, de l'excès du gaz toxique, ils plaçaient à

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, XXIII, 3023, 3472. — *Journal für praktische Chemie*, XLIII, 207.
(2) *Journal of Chemical Society*, 1890, LVII, 749.

l'extrémité du tube de dégagement un brûleur de Bunsen. Un jour que celui-ci était resté allumé pendant le refroidissement de l'appareil et que l'oxyde de carbone continuait à passer, la flamme s'illumina tout à coup, comme si des vapeurs métalliques eussent accompagné les gaz dégagés. Le phénomène se reproduisit dans les essais ultérieurs, toutes les fois que la température était inférieure à 50°. On chauffa l'extrémité du tube de dégagement, et il apparut en ce point un anneau brillant de nickel. La formation d'un nouveau composé métallique volatil décomposable par la chaleur était établie. Un refroidissement énergique permit de l'obtenir sous forme d'un liquide incolore, mobile, bouillant vers 46° et se solidifiant à —25°.

Voici, d'après les auteurs de la découverte, le procédé de préparation le plus pratique. On réduit de l'oxyde de nickel au moyen de l'hydrogène dans un large tube de verre chauffé à 400°; après refroidissement à 30°, on fait passer sur le nickel réduit un courant d'oxyde de carbone. Les gaz qui sortent de l'appareil, traversant un mélange réfrigérant de glace et de sel, abandonnent, à l'état liquide, la majeure partie du nickel-carbonyle formé. Après quelque temps, la réaction se ralentit; il suffit alors de chauffer le tube à 400° pour rendre au nickel son pouvoir d'absorption pour l'oxyde de carbone à basse température.

Porté à 180° dans un tube chauffé au moyen de la vapeur d'aniline, le nickel-carbonyle abandonne de l'oxyde de carbone et dépose du nickel parfaitement pur. La décomposition à chaud du liquide fournit donc le moyen de doser le métal; les proportions de carbone sont fixées par combustion du produit au moyen de l'oxyde de cuivre. On a trouvé ainsi 33,36 p. c. de nickel et 66,3 p. c. d'oxyde de carbone, ce qui conduit à la formule $Ni(CO)_4$, les quantités calculées d'après celle-ci étant 34,4 p. c. de nickel et 65,6 p. c. d'oxyde de carbone. L'excès de la quantité de gaz trouvée sur la quantité calculée serait dû à de l'oxyde de carbone resté dissous dans le liquide soumis à l'analyse.

Une autre série d'expériences faites sur le mélange gazeux à la sortie de l'appareil producteur confirme cette manière de voir.

De plus, la densité de vapeur, prise à 40° par la méthode de Meyer et trouvée égale à 6,01, s'écarte peu de la densité théorique 5,9 qu'exigerait la formule $Ni(CO)_4$.

Quant à la structure moléculaire du nickel-carbonyle, elle ne peut être établie que par des travaux ultérieurs.

M. Berthelot (1) a repris et complété les recherches de MM. Mond, Lang et Quincke sur le composé nouveau.

A la température ordinaire, le nickel-carbonyle est stable; il se conserve sans décomposition sur le mercure ou sous une couche d'eau dans un flacon bien rempli et exempt de toute trace d'air. L'air humide l'oxyde lentement et le transforme en des composés complexes mal connus jusqu'à présent. Mêlée d'oxygène ou d'air, et présentée à un corps en ignition, la vapeur de nickel-carbonyle brûle ou bien détone suivant les proportions. Si on agite vivement dans une éprouvette un mélange sec de vapeur et d'oxygène, la déflagration peut se produire même sans inflammation préalable.

Au contact de l'acide sulfurique concentré, le nickel-carbonyle exempt d'eau détone avec flamme après quelques instants. Sa vapeur, diluée d'azote et maintenue en présence du même acide, subit aussitôt une décomposition qui se poursuit pendant des heures. Quand elle est terminée, quatre volumes d'oxyde de carbone ont remplacé le volume du nickel-carbonyle:

$$Ni(CO)_4 = 4CO + Ni;$$

l'acide sulfurique est partiellement réduit et le nickel oxydé reste dissous.

Le gaz ammoniac mêlé d'oxygène, l'hydrogène phosphoré, le chlore et le brome détruisent le nickel-carbonyle.

L'oxyde azotique barbotant dans le produit liquide ou ajouté à sa vapeur détermine la formation de belles fumées bleues qui se déposent, mais qui reparaissent dès qu'on fait arriver une nouvelle dose d'oxyde azotique. Dans le mélange gazeux qui subsiste, il y a à la fois de l'oxyde azotique en excès, de l'oxyde de carbone et une combinaison nickelée gazeuse distincte du nickel-carbonyle. Si on y ajoute quelques bulles d'oxygène, le nickel se précipite sous la forme d'un nouveau composé bleu aussi caractéristique que le premier; un excès de ce gaz y produit au contraire des vapeurs nitreuses et d'épaisses fumées opaques.

Le fer-carbonyle. — On a essayé de faire avec d'autres métaux des composés analogues au nickel-carbonyle. Le cobalt, le cuivre et le platine n'ont rien donné dans une longue série d'expériences effectuées par les chimistes anglais à différentes

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CXII, 1344 et CXIII, 679.

températures entre 15° et 750°. A l'origine, même insuccès pour le fer. Mais le 15 juin 1891, M. Berthelot annonçait à l'Académie des sciences qu'il avait obtenu une combinaison spéciale de fer et d'oxyde de carbone. A cette date, MM. Mond et Quincke avaient réussi aussi de leur côté, ainsi que le prouve leur communication faite le 18 juin à la Société de Chimie de Londres (1).

Quand, au moyen de l'hydrogène, on réduit lentement et à la plus basse température possible de l'hydroxyde ferrique précipité sec ou bien de l'oxalate ferreux, déjà partiellement décomposé par la chaleur, il reste du fer très divisé, le *fer pyrophorique* bien connu. M. Berthelot le trouva apte à se combiner directement avec l'oxyde de carbone, surtout vers 45°. Ce gaz amené au contact de la poudre métallique se fixa en partie. L'excès se dégagea en entraînant une vapeur ferrugineuse. Après avoir lavé ce mélange à l'eau pure, on le fit passer dans un tube effilé à la pointe duquel on l'enflamma. Sa combustion jeta un éclat blanchâtre bien plus vif que celui de l'oxyde de carbone, et donna un spectre caractéristique. On écrasa la flamme au moyen d'une soucoupe de porcelaine, puis on dirigea le gaz à travers un tube de verre étroit chauffé au rouge; on obtint des taches ou des anneaux métalliques donnant les réactions du fer. Conservé dans des flacons en partie remplis d'eau aérée, le mélange gazeux éprouva une oxydation lente qui, au bout de quelques jours, en sépara le fer sous forme de sesquioxyde.

MM. Mond et Quincke ont également produit du fer-carbonyle au moyen du fer divisé obtenu par réduction de l'oxalate à 400°. Ils ont constaté que le mélange gazeux brûle encore avec une flamme jaune pâle, même après avoir été conservé froid pendant plusieurs jours. L'anneau métallique de fer ne se dépose dans le tube abducteur que si on chauffe celui-ci entre 200° et 350°. A une température plus élevée, il apparaît des flocons noirs qui renferment jusqu'à 80 p. c. de carbone.

Le fer-carbonyle se forme en quantités très faibles. M. Berthelot n'a pas réussi à le condenser séparément. MM. Quincke et Mond ont, pendant six semaines, maintenu à 80°, dans un courant d'oxyde de carbone, 12 grammes de fer réduit. Au bout de ce temps, il ne s'était volatilisé que 2 grammes de fer, soit environ 0,001 gramme par heure, malgré le soin qu'ils avaient pris de revivifier la poudre métallique de six en six heures, en la

(1) *Berichte*, XXIV, 2248.

chauffant, pendant vingt minutes vers 400° dans un courant d'hydrogène. Il est donc impossible d'étudier le nouveau produit.

Si on lave à l'acide sulfurique concentré l'oxyde de carbone chargé de vapeurs ferrugineuses, celles-ci sont retenues; mais la solution se décompose spontanément. Le fer-carbonyle est un peu soluble dans les hydrocarbures, la benzine et les pétroles lourds. D'après l'analyse approximative faite au moyen de sa solution dans l'huile de pétrole bouillant entre 250° et 300°, il correspond probablement à la formule $Fe(CO)_4$, analogue à celle du nickel-carbonyle.

M. Berthelot pense que la combinaison volatile du fer avec l'oxyde de carbone joue un rôle en métallurgie et permettrait de rendre compte de certains faits encore inexpliqués, tels que la précipitation du carbone de l'oxyde de carbone au contact du fer, la formation de bulles gazeuses au sein du fer ramolli, les transports de matière observés, soit dans les fours Siemens, soit dans les caisses de cémentation.

L'oxyde de carbone a une aptitude réactionnelle remarquable. Il est à présumer qu'il s'unira un jour aussi à d'autres métaux pris dans un état particulier et fournira toute une série de corps complexes, aux propriétés intéressantes et imprévues, que les études incomplètes faites jusqu'à présent permettent à peine d'entrevoir.

Sur quelques nouveaux hydrures métalliques. — On a déjà décrit dans ce recueil (1) les expériences de M. Winkler sur la réduction par le magnésium des composés oxygénés métalliques. Faite dans certaines conditions, cette réduction fournit toute une série d'hydrures métalliques, venant se ranger à côté de l'hydrure de cuivre CuH de Wurtz, et des hydrures alcalins K_2H et Na_2H de MM. Troost et Hautefeuille.

M. Winkler avait constaté (2) que le cérium, le zirconium, le thorium et le lanthane peuvent, à haute température, se combiner à l'hydrogène, pourvu qu'ils soient à l'état naissant. La méthode qui lui avait réussi consistait à calciner dans un courant d'hydrogène les oxydes métalliques avec du magnésium métallique en poudre. Il essaya cette même méthode sur des métaux appartenant aux trois premiers groupes de la série périodique des éléments, d'après MM. Mendelejeff et L. Meyer (3).

(1) *Revue des quest. scientif.*, avril, 1890, p. 664.
(2) *Berichte*, XXIV, 873.
(3) *Ibid.*, 1966, 1984.

PREMIER GROUPE.

Les hydrures de sodium et de potassium ayant été obtenus précédemment par l'action de l'hydrogène sur ces métaux, les essais de M. Winkler n'ont porté dans ce groupe que sur le césium.

Césium. — On sait que le carbonate de césium Cs_2CO_3 n'est que difficilement et très incomplètement réductible par le magnésium métallique en poudre (1). Il en est de même de l'hydroxyde CsOH. Mais quand on chauffe une molécule-gramme de ce dernier composé avec un atome-gramme de magnésium dans un courant d'hydrogène, une vive incandescence se produit. L'hydrogène s'enflamme spontanément à la sortie. Après calcination pendant une heure, il reste une masse grise, frittée, qui se dissout partiellement dans l'eau, sans dégager d'hydrogène. La solution est alcaline. On présume donc que la réduction se fait suivant l'équation

$$2\,CsOH + Mg = Cs_2O + MgO + H_2.$$

Par calcination, au sein de l'hydrogène, du carbonate Cs_2CO_3 avec le même poids de magnésium en poudre, on obtient en mélange de l'oxyde de césium, de l'oxyde de magnésium et du carbone. Mais, dans aucun des deux cas, pas le moindre indice de la formation d'un hydrure.

DEUXIÈME GROUPE.

Les métaux bivalents, au contraire, manifestent une tendance plus ou moins marquée à se combiner avec l'hydrogène au sortir de leurs combinaisons oxygénées, pourvu toutefois que les produits ne soient pas souillés de matières étrangères. Voici le procédé opératoire. On chauffe, dans un courant continu d'hydrogène sec, un mélange équimoléculaire d'oxyde métallique et de magnésium, placé dans un tube de fer ou dans un tube de verre de Bohême protégé par un enduit réfractaire. Quand l'appareil est plein d'hydrogène, on calcine. Un robinet est placé au bout du tube; il permet de régler la sortie de l'hydrogène, suivant que ce gaz est absorbé ou non, et de maintenir pendant toute l'opération la pression initiale. On poursuit la calcination tant que le gaz est fixé ; on laisse refroidir dans un courant d'hydrogène, puis on procède à l'analyse.

Glucinium. — Après réduction, ce métal a absorbé de l'hydro-

(1) *Revue des quest. scientif.*, loc. cit., 667.

gène pendant plusieurs heures. Le produit brun-gris clair, non fritté, renfermait des globules de magnésium et de l'oxyde de magnésium. Calciné à l'air ou dans l'oxygène, il brûlait avec une flamme pâle et formation d'eau. 14,96 p. c. du glucinium s'étaient combinés à l'hydrogène, pour former l'hydrure.

Magnésium. — Le mélange de magnésie et de magnésium s'est comporté comme le mélange de glucine avec le métal réducteur; 6,42 p. c. du magnésium se sont unis à l'hydrogène. Le résidu de l'opération renfermait 3,54 p. c. d'hydrure.

Calcium. — La chaux vive et bien pure, mêlée à du magnésium toujours exactement pesé, présente un pouvoir d'absorption plus considérable que l'oxyde de magnésium. La masse refroidie est très altérable, s'oxyde à l'air et brûle bien, surtout dans l'oxygène, quand on la chauffe en un point. Environ 61 p. c. du calcium présent passent à l'état d'hydrure; la proportion de ce composé monte à 33,14 p. c. du mélange.

Strontium. — Il suffit d'une trace de silice, d'alumine, d'azotate ou d'azotite dans la strontiane pour que l'hydrure de strontium ne se forme point. Si on emploie l'oxyde bien pur obtenu par calcination forte du carbonate, le rendement est excellent: 95 p. c. de strontium réagissent et l'hydrure représente 66,2 p. c. de la masse totale.

Baryum. — Pour ce métal, les mêmes soins sont requis. Toutefois, en prenant certaines précautions, M. Winkler a vu 94,6 p. c. du baryum se transformer en hydrure et celui-ci former 70,3 p. c. du mélange restant, bien que l'oxyde employé renfermât 18,1 p. c. d'hydroxyde, 7,34 p. c. de carbonate et des traces notables d'alumine et de silice.

En résumé, les métaux de ce groupe forment des hydrures correspondant à la formule RH, ou plutôt à une expression polymérique telle que R_2H_2, ou R_4H_4. Ces hydrures sont terreux, peu stables et fort différents des hydrures alcalins. Ils prennent naissance d'autant mieux que la température est plus élevée dans certaines limites, et que le poids atomique du métal est plus fort.

TROISIÈME GROUPE.

Bore et *Aluminium.* — Aucune absorption d'hydrogène n'a pu être constatée.

Yttrium. — La calcination d'une molécule-gramme d'yttria avec 3 atomes-gramme de magnésium a déterminé la com-

binaison avec l'hydrogène de 18,4 p. c. du métal présent. L'hydrure d'yttrium constituait 12,8 p. c. du mélange calciné.

Ces résultats sont encourageants. M. Winkler s'attachera sans doute à les compléter encore. Ce savant pense que les hydrures métalliques jouent un grand rôle dans la chimie stellaire, en particulier dans les étoiles à éclat variable non périodique. Grâce à la température excessivement élevée, les hydrures s'y maintiendraient, même en présence de l'oxygène. Mais, à la suite du refroidissement séculaire de l'astre, les éléments se trouvant ramenés au-dessous du point de dissociation de l'eau, l'oxygène se porterait à la fois sur l'hydrogène, sur le magnésium, le calcium et les autres métaux en donnant lieu à l'éblouissante combustion oxyhydrique. L'énorme dégagement de chaleur résultant rendrait à l'étoile en voie d'extinction un éclat passager, qui se reproduirait toutes les fois que l'abaissement progressif de la température permettrait l'oxydation d'une nouvelle quantite d'hydrures. Dans le soleil, les hydrures métalliques interviendraient pour une part tout aussi large dans les réactions chimiques de la photosphère et la formation des protubérances.

La prétendue passivité du fer (1). — MM. Henry Gautier et Georges Charpy ont constaté que l'acide azotique attaque le fer, quelle que soit sa concentration; seulement l'action de l'acide peut être ou rapide avec dégagement de gaz, ou lente sans dégagement gazeux.

Si, à la témpérature ordinaire, on place du fer *parfaitement décapé* dans une série d'acides de concentrations croissantes, on voit que, lorsque la densité devient supérieure à 1,21 environ, le métal reste au contact de l'acide sans donner de dégagement gazeux. Néanmoins l'attaque se produit, car le poids du fer diminue et, après quelque temps, l'acide laisse déposer de l'oxyde de fer lorsqu'on le neutralise par la potasse.

La température déplace la limite à partir de laquelle l'attaque se produit sans dégagement gazeux. A 15°, l'attaque est lente pour tout acide de densité supérieure à 1,21; à 60°, pour l'acide de densité supérieure à 1,38. Si on chauffe du fer dans l'acide azotique du commerce ($d = 1,38$), on voit le dégagement de gaz se produire a partir de 60°; il suffit d'un refroidissement énergique pour l'arrêter.

(1) *Comptes rendus*, CXII, 1451.

Si le fer employé est partiellement oxydé (et il l'est toujours, sauf décapage préalable), l'oxyde se dissout, et le dégagement de chaleur qui accompagne la dissolution provoque le dégagement gazeux, au sein d'acides trop concentrés pour le donner avec le fer pur. Ici l'influence de l'élévation de la température est certaine; car, si l'on agite un morceau de fer partiellement oxydé dans une grande masse d'acide, de façon à éviter tout échauffement local, l'oxyde se dissout peu à peu et, lorsque la surface du métal est parfaitement brillante, on n'observe plus aucun dégagement gazeux en abandonnant le liquide au repos.

On peut donc conclure, avec les auteurs de la note, que, *dans le cas étudié du moins,* ce n'est ni une couche de gaz, ni une couche d'oxyde qui produit la passivité du fer après contact avec l'acide fumant. Ces faits d'observation sont précieux; ils renversent des hypothèses plusieurs fois proposées; mais on en déduirait difficilement une théorie au sujet du phénomène qui nous occupe. MM. Gautier et Charpy en ont présenté une. Avant de l'exposer, énumérons, d'après les auteurs mêmes et avec toute la précision possible, les données d'expérience qu'il s'agit d'expliquer.

Présentent la passivité apparente en présence de l'acide azotique dilué :

1° le fer *parfaitement décapé* qui a été plongé dans un acide de concentration suffisante;

2° le fer qui a été débarrassé de la rouille par dissolution de celle-ci dans un acide assez concentré, pourvu que la masse de l'acide soit assez grande et que l'agitation mécanique continue empêche toute élévation locale de température pendant le décapage du métal;

3° le fer dont on a réduit l'oxyde superficiel en reliant le métal au pôle *négatif* d'une pile, le pôle *positif* de celle-ci communiquant avec une lame de platine et l'acide azotique servant d'électrolyte.

4° le fer plongé dans l'acide azotique, relié au pôle *positif* d'une pile à force électromotrice faible et décapé sous l'influence du courant par formation d'azotate aux dépens de l'oxyde qui couvrait le métal;

5° le fer qui, relié au pôle *positif* d'une pile dont la force électromotrice est supérieure à 1 volt, s'est enduit d'une couche d'oxyde ferroso-ferrique;

6° le fer recouvert de rouille ordinaire, mais chauffé pendant quelque temps à 140°.

Après avoir indiqué le deuxième et le troisième cas, les auteurs disent que l'acide fumant intervient seulement pour modifier l'oxyde et le rendre inattaquable. « Il est difficile, ajoutent-ils, de déterminer exactement la nature de cette modification; nous croyons qu'elle consiste en une déshydratation; si l'on touche le fer ainsi rendu passif avec un métal attaquable, la partie superficielle de l'oxyde qui a été déshydratée est réduite par l'hydrogène, et l'on se retrouve dans les conditions initiales. »

Ces conditions initiales, quelles sont-elles? N'est-ce pas l'état d'hydratation de l'oxyde? Dans ce cas, nous avouons ne pas comprendre comment un oxyde métallique peut être ramené à cet état, c'est-à-dire à l'état d'hydroxyde, *grâce à la réduction par l'hydrogène naissant* que dégage le métal attaquable. On se demande aussi de quel oxyde il peut bien être question dans ce passage, puisque, dans le deuxième et le troisième cas, l'opération indiquée a tout juste pour effet, non de modifier l'oxyde, mais de le faire disparaître. De plus, aux termes mêmes de la note, l'acide non dilué dissout l'oxyde superficiel, à part l'oxyde ferroso-ferrique et jusqu'à un certain point la rouille ordinaire après échauffement à 140°.

Bref, la communication de MM. Gautier et Charpy manque de clarté; elle laisse à faire la théorie de la passivité du fer, car l'explication qu'elle hasarde est pour le moins insuffisante. Dénuée de valeur au point de vue de la philosophie des faits, elle a le mérite de compléter en quelques points l'histoire de cet intéressant phénomène. C'est à ce titre que nous l'avons signalée.

Action de la lumière sur le chlorure d'argent. — Ce sel exposé à la lumière perd de 1/1000 à 1/100 de son poids. M. Bibre prétend n'avoir pu observer de perte. M. Romyn Helchcock (1) admet une diminution de 8 p. c. en moyenne et en déduit pour le composé restant la formule $Ag_3 Cl_2$, soit $Ag (Ag Cl)_2$; du chlore se dégage. Outre ce gaz, il apparaîtrait aussi, dans la décomposition du chlorure d'argent à la lumière en présence de l'eau, des produits de l'action du chlore sur l'eau, acide chlorhydrique et ozone. M. Richardson (2), qui a fait cette observation, a également obtenu la coloration du chlorure d'argent sous du tétrachlorure de carbone privé d'air; mais il n'ose assigner de formule au produit d'altération.

(1) *American Chemical Journal*, avril 1891.
(2) *Journal of Chemical Society*, 7 mai 1891.

M. Guntz (1) remarque que AgCl, laissé en couche mince à la lumière, se colore faiblement dans les premiers instants, que les révélateurs photographiques le réduisent, même *après une courte exposition,* en argent métallique. D'après lui, il y aurait alors transformation isomérique et le produit de condensation, formé sans perte de chlore, subirait l'action des révélateurs à l'encontre de ce qui s'observe pour le chlorure argentique normal. M. Berthelot, et l'auteur lui même, ont prouvé que AgCl peut exister de fait sous plusieurs états différents.

Une exposition prolongée à la lumière entraîne un dégagement de chlore et une perte de poids. M. Guntz l'a constaté aisément en concentrant, au moyen d'une lentille, les rayons solaires sur du chlorure d'argent sec ou fondu. Il se forme du sous-chlorure Ag_2Cl de couleur rouge violacée, ainsi que le prouve l'identité de couleur et de propriétés avec le sous-chlorure d'argent bien défini obtenu par double décomposition avec le sous-fluorure d'argent.

La lumière doit produire un travail considérable pour décomposer le chlorure d'argent :

$$2\ AgCl\ sol = Ag_2Cl\ sol + Cl\ gaz - 28{,}7\ cal.$$

Cela explique que l'action de la lumière soit aidée par l'addition de substances capables d'absorber le chlore avec dégagement de chaleur.

Le sous-chlorure lui-même est décomposé par la lumière en argent et chlore, comme M. Guntz l'a constaté au moyen du sous-chlorure préparé par voie chimique; il se forme, comme dernier produit d'altération, de l'argent métallique. Donc, finalement, une couche de AgCl exposée à la lumière se compose de trois couches superposées : la première, d'argent métallique; la deuxième, de sous-chlorure d'argent; la troisième, de chlorure d'argent inaltéré. Mais, par suite de l'opacité extrême du sous-chlorure d'argent, l'altération est purement superficielle et ne dépasse pas 1:500 de millimètre.

Le pentafluochlorure de phosphore (2). — Le pentachlorure de phosphore est un composé instable qui se dédouble aisément en trichlorure et chlore libre; le pentafluorure au contraire ne se décompose en trifluorure et fluor que sous l'influence d'étin-

(1) *Comptes rendus*, XCIII, 72.

(2) *Ann. de Chimie et de Physique*, [6], XXIV, 569. — *Comptes rendus*, CXIII, 75.

celles d'induction de 15 à 20 centimètres. M. Poulenc vient d'examiner, au point de vue de l'ensemble de ses réactions, un composé phosphoré complètement saturé contenant tout à la fois du fluor et du chlore, le pentafluochlorure de phosphore PF_3Cl_2 obtenu par la combinaison à volumes égaux du chlore et du trifluorure de phosphore.

C'est un corps gazeux, doué d'une odeur piquante, répandant à l'air d'épaisses fumées blanches. L'eau, les solutions alcalines, l'alcool et le sodium fondu l'absorbent en le décomposant. Le soufre et le phosphore lui enlèvent deux atomes de chlore. Chauffés à 180°, le magnésium, l'aluminium, le fer, le nickel, le plomb et l'étain l'attaquent avec formation de chlorures anhydres et de trifluorure de phosphore. Le mercure réagit de même, dès la température ordinaire. Quant au gaz ammoniac, il forme à froid avec le nouveau composé un corps solide, blanc, léger, soluble dans l'eau, la fluorophosphamide :

$$\underset{2\text{ vol.}}{PF_3Cl_2} + \underset{8\text{ vol.}}{4\,NH_3} = PF_3(NH_2)_2 + 2\,NH_4Cl$$

Le pentafluochlorure de phosphore, qui présente au point de vue de la saturation une analogie parfaite avec le pentafluorure et le pentachlorure de phosphore, diffère notablement du premier par une plus grande instabilité. La mobilité de ses deux atomes de chlore le rapproche du pentachlorure de phosphore dont il possède d'ailleurs les principales réactions.

FR. DIERCKX, S. J.

GÉOGRAPHIE.

Le pays compris entre les lacs Tanganika, Nyassa, Moëro et Benguëlo (1). — Le Nyassa a une superficie de 14220 milles carrés et se trouve à 1570 pieds au-dessus du niveau de la mer.

A l'est, dépassant son altitude de 8000 pieds, se dressent le pic Rungwe et la chaîne boisée des montagnes de Livingstone.

(1) *Notes on the Country between Lakes Nyassa and Tanganika*, par David

Entre ces cimes et le village de Karonga, la plaine de N'Konde. Elle est remarquable par la richesse de ses vallées et de ses pâturages ; c'est toute la végétation luxuriante des tropiques. La largeur de la plaine de N'Konde, qui domine le Nyassa de 50 à 60 pieds, est de 12 à 20 milles.

Ce pays, un des plus beaux du Nyassaland, est arrosé par neuf rivières. Leurs eaux, abondantes, vont alimenter le lac.

Les hauteurs de Busango et la région montagneuse de Bundale sont situées au nord et à l'ouest du Nyassa.

Au delà du Bundale s'étend le plateau de Awakukwe, le grenier de l'Afrique méridionale, et plus loin encore, vers l'ouest, le pays des Awabundali et des Awamesuko, un des sites les plus tourmentés du continent noir. Les montagnes, dont la direction générale est nord-sud, emprisonnent les sources de plusieurs tributaires septentrionaux du Nyassa : le *Kiwirwa*, le *Suwismi*, le *Songwe*, le *Rufira* et le *Rukuru*.

A certaines places, les rives du Kiwirwa ont 700 pieds de hauteur. Le Songwe traverse, à son embouchure, un sol sablonneux, où il forme une espèce de delta. Plus en amont, sur un parcours de plusieurs milles, son lit est de calcaire très friable. Au village de Mireya, où le fond de la rivière est tantôt limoneux, tantôt calcareux, les rives ont 80 à 100 pieds de hauteur. Le Songwe a une largeur et une profondeur passables près de sa source. Il décrit de nombreux méandres dans une plaine de sable brûlant; ses bords sont la assez boisés.

Les pluies sont abondantes dans la région nord-occidentale du Nyassa, qui subit deux saisons. La saison des pluies commence vers la fin de novembre et finit en avril ou mai. La quantité moyenne d'eau tombée est de 30 pouces; elle atteint parfois 86 pouces et 100 pouces sur les hauteurs. A cette époque, les vents dominants viennent du nord et de l'est; ils apportent l'humidité de l'océan Indien. La saison sèche dure de mai à novembre; la terre se crevasse, les arbres s'effeuillent, la verdure se fane et jaunit. Ce sont les vents du sud et de l'ouest qui se font sentir. Le contraste entre les deux saisons est bien tranché.

La température est de 30° F. en mai, de 83° F. en novembre.

Kerr Cross. Proceedings of the Royal Geographical Society (Londres), pp. 86-99; *Journey from Karonga (Nyassa)) to Katanga (Msidi 's Country) via the Northern Shore of Lake Moëro*, par M. Alfred Sharpe. Ibid., pp. 423-427 et 1 carte.

Pour se rendre du Nyassa septentrional au plateau Nyassa-Tanganika, on suit d'habitude la route Stevenson, amorcée à Karonga. Le plateau a 4000 à 5000 pieds d'altitude et une largeur de 170 milles. Il constitue la chaîne de partage de cette partie de l'Afrique.

Son versant oriental alimente le lac Nyassa et la rivière *Loangwa,* tous deux tributaires de l'océan Indien par le Zambèse. Son versant nord-ouest est dominé à l'altitude de 2000 à 3000 pieds par les montagnes de Chingambo. Il en sort de nombreux torrents, qui coulent au sud et à l'ouest et se réunissent pour former le *Chambezi,* la source orientale du Congo. On sait que ce fleuve se jette dans l'océan Atlantique.

Au nord et à l'est des montagnes Chingambo s'étendent des plaines ondulées, très fertiles, bien arrosées et peuplées de gros gibier. Ces plaines, et les monts Mumboyo qui les bordent à l'est, forment la ligne de partage des cours d'eau tributaires des lacs Nyassa et Rukwa ou Hikwa. Deux rivières descendent des contreforts du Mumboyo; l'une se déverse au sud-est dans le Nyassa, l'autre au nord-ouest dans le Rukwa.

Lorsqu'on veut atteindre le Rukwa, en prenant pour base le Songwe, on doit traverser plusieurs cours d'eau. Le plus important est le *N'Kanna.* Sa source est voisine du Mumboyo, et sa direction ouest-nord-ouest. Après avoir rencontré le *Saisi,* il se jette dans la partie sud-occidentale du lac Rukwa.

Le Rukwa est borné à l'est et à l'ouest par un amphithéâtre de montagnes. M. David Kerr Cross croit que nos cartes donnent au lac des dimensions inexactes; son développement vers le sud et vers l'est doit être augmenté ; il est long de 80 à 100 milles, et large de 30 à 40 milles. Les eaux sont noires, très chargées, très salées et non potables. Elles s'évaporent beaucoup; le niveau du lac baisse sensiblement.

Les rives du Rukwa ne sont rien moins que riantes et la contrée qui l'avoisine est des plus pauvres. Les pluies y sont nulles. En plein midi, M. David Kerr Cross a subi à l'ombre une température de 98° F.

A son extrémité ouest-sud-ouest, le Tanganika reçoit le *Lofu;* à l'ouest de cette rivière se trouve le village de M'Kula, et plus loin un lac salé qui n'a pas d'émissaire connu. Il semble s'être déversé jadis dans le *Kalongwizi,* tributaire du lac Moëro. Il reçoit quatre petites rivières : le *Chisela* (venu du nord-est), le *Choma* (originaire du nord), le *Moambezi* et le *Mkubwe,* descendus du sud-est et du sud.

M. Sharpe a contourné le lac par le sud, en décembre 1890, donc pendant la saison des pluies; c'était un immense marais resserré entre deux massifs de montagnes. Ses eaux couvraient une surface de 10 milles sur 14 milles. Le voyageur a traversé la plage marécageuse et est arrivé à une île, située à 2 milles du bord du marais. Elle a environ 8 milles de longueur. Le sol est sablonneux. On y voit des buffles, très nombreux, des zèbres, des hippopotames, des lions.

Le lac Moëro reçoit de nombreux tributaires. A l'est, par 9° lat. S. environ, le *Kalongwizi* qui vient du sud-est; sur sa rive gauche se trouvent des brousses inhabitées; et le *Louongo*, par 10° 10' lat. S. Au nord, le *Louao* et le *Louchinda*. Enfin au sud le *Luapula*, dont la largeur atteint 300 à 350 mètres à son embouchure, et 300 à 400 yards, à l'ouest de Mpueta, presque à sa sortie du lac auquel il sert de déversoir. Contrairement à l'avis de Livingstone, qui a visité le pays, le village de Mpueta ne confine pas au Luapula; il en est séparé par des crêtes fort escarpées et distant de 3 à 4 milles.

Sur la rive gauche du Luapula se dresse, couvert de forêts, un plateau élevé de 4500 à 5500 pieds au-dessus du niveau de la mer; il dépasse de 2500 pieds l'altitude du lac Moëro. Ce lac, dont la rive occidentale est contiguë à une vaste plaine herbeuse, assez riche en gibier, n'a qu'une seule île; elle est habitée par les Simbas et voisine de l'embouchure du Luapula, dans le lit duquel on signale plusieurs îles importantes.

La partie méridionale du lac ne décrit pas, vers le sud-ouest, la grande courbe que supposent les cartographes; elle s'allonge au contraire dans la direction de l'embouchure du Luapula.

A l'ouest du plateau qui borde la rive gauche du Luapula à sa sortie du lac Moëro, la *Luvua*, grossie de ses affluents orientaux le *Mpango*, le *Luiki* et le *Luizi*, se dirige vers le sud-ouest et se jette (rive droite) dans la *Lufira*, qui reçoit sous la même latitude (rive gauche) le *Likulwe*, venu de l'ouest.

La partie septentrionale du Congo français (1). — Une vaste forêt s'étend du nord de l'Ogooué jusqu'au fleuve Campo. De 10° 48' à 8° 33' long. E. Paris, l'Ogooué se grossit à droite de

(1) *Au pays des M' Fans. Voyage d'exploration de M. Paul Crampel dans le nord du Congo français*, rédigé par Harry Alis, sur les notes originales de l'explorateur, LE TOUR DU MONDE, 2e semestre 1890, pp. 321-336, grav. et 1 carte: *De l'Ogooué au Campo*, par A. Fourneau, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, 1891, pp. 190-215 et 1 carte.

trois affluents : le *Sébé* (10° 48' long.); l'*Ikoni* (8° 33' long.): son cours et ses sources sont inconnus; son bassin est séparé de celui de l'Ivindo par une ligne de faîte qui se dirige nettement vers le nord. L'exploration Fourneau traversa plusieurs tributaires de l'Ikoni. Enfin l'*Ivindo* (9° 40' long.); il paraît être l'affluent de droite le plus considérable de l'Ogooué.

Le 12 août 1888, Crampel partit de Lastourville (jadis Madiville), par 1° 10' lat. S. et 11° long. E. P. A plus de 70 kilomètres au nord de l'Ogooué, il franchit la chaîne de collines qui sépare le bassin de l'Ogooué de celui de la petite rivière *Dillo*, originaire de l'est. Plus loin, il traversa deux cours d'eau assez importants, et atteignit (rive gauche), au confluent de la *Liboumbi*, l'Ivindo qui n'avait pas été remonté jusqu'alors à plus de deux jours de marche de son embouchure. L'Ivindo a encore ici 300 mètres de largeur.

Un affluent important de droite de l'Ivindo est le *M'Vouo*. Il mêle ses eaux à celles du *Togofas* dont Fourneau a vu les sources au mont Mendjymékalé (700 mètres d'altitude).

Du flanc sud-est du mont Tembo (1200 mètres d'altitude) tombent d'une grande hauteur les sources d'un autre tributaire de droite de l'Ivindo, le *Daméramé*. En amont de Kandjama, l'Ivindo coule du nord au sud. A ce point la rivière, dont l'altitude est de 460 mètres, a environ 300 mètres de largeur; à Djambah elle n'en a plus qu'une centaine; son altitude atteint 515 mètres; la rivière n'est qu'une succession de rapides et de petites chutes. Crampel pense avoir découvert les sources de l'Ivindo, à l'altitude de 570 mètres, à l'ouest du village d'Annundjoko, au point où il a démêlé la ligne de faîte qui sépare la source de trois cours d'eau allant dans trois directions différentes : 1° l'Ivindo, qui va vers le sud-ouest; 2° plus au nord, le *Djah*. Crampel a vu cette rivière à M'Koul, par 2° lat. N. environ, à la limite de la frontière franco-allemande, où il croyait découvrir le légendaire lac Liba. Le Djah est une grande rivière à courant presque insensible. Par la nature de ses poissons, il paraît appartenir au bassin du Congo. D'après Crampel et le commandant de Lannoy de Bissy, il serait tributaire du *Lèkoli*. Celui-ci va grossir la *Likouala*, affluent du Congo. Si le Djah appartient au bassin du grand fleuve (nous en sommes convaincu depuis l'exploration de Gaillard et de Fourneau, mais nous le rattachons à la N'Goko, donc à la Sangha), ce bassin se rapproche du rivage de l'Atlantique au delà de toute attente; à vol d'oiseau il n'en serait distant

que de 275 kilomètres. M. Wauters préfère rattacher le Djah au bassin de l'Ogooué et en fait la branche septentrionale de l'Ivindo (1). 3° A l'ouest des sources de l'Ivindo, le *Kome*, qui se dirige vers l'ouest. A 250 kilomètres de la côte, le Kome s'écoule par une série d'étages plans que séparent des gradins assez raides. Aussi bien dans les grands biefs presque dépourvus de pente que dans les petits rapides, la navigation même par radeaux est lente et difficile; à la descente il n'est guère possible de faire plus de 12 kilomètres par jour. Le Kome est obstrué par plusieurs îles. C'est un des gros affluents du *Temboni*.

A Golé, où les itinéraires de Crampel et de Fourneau se confondent, le cours d'eau a une largeur de 40 mètres. A dix mètres des rives, la profondeur est de $1^m,50$ à 2 mètres; au milieu de la rivière elle est de 4 mètres et $4^m,50$. Le courant est rapide. Le niveau s'élève de 2 et 3 mètres pendant la saison des pluies. Un des affluents du Kome est le *Lope*, large de 25 à 30 mètres, et profond de 3 mètres. Ses crues sont aussi fortes à la saison des pluies.

L'altitude est ici de 1000 à 1100 mètres. Elle est à peine de 300 mètres près de Lastourville. Cette région montagneuse, qui atteint jusque 1500 mètres, court presque parallèlement au rivage de l'Atlantique et en est distante de 200 kilomètres environ.

A partir du village d'Annundjoko, en marchant vers l'ouest, Crampel traversa encore trois rivières : le *Bouâ*, le *Lobo* et le *N'Tem*. Il avait déjà obtenu des renseignements sur ce dernier cours d'eau. Au nord-ouest de Bindzoko, près de la montagne Agounnah, les indigènes avaient parlé d'un mont N'Koun, situé tout près à l'ouest, d'où jaillirait la source de la N'Temou; l'explorateur l'identifie avec la N'Tem, et en fait la branche supérieure du *Campo*. Le commandant de Lannoy de Bissy est tenté d'admettre que la rivière a pour cours inférieur le *Mouni*. M. Wauters en fait le cours supérieur du *San Benito* (2).

L'expédition arriva par 1° 51' lat. N. environ à Bata, sur les côtes de l'Atlantique, entre les estuaires du Campo et du San Benito.

Nous avons vu qu'un affluent de l'Ivindo, le Daméramé, avait ses sources sur le flanc sud-est du mont Tembo. Le Temboni, l'Utemboni des Allemands, prend naissance au sommet du

(1) Mouvement géographique, 1890, pp. 123-124.
(2) Ibid., 1891, p. 1.

versant nord-est. Fourneau dit qu'il tombe d'une grande hauteur, fait des sauts de 80 et 100 mètres, disparaît sous des masses énormes de rochers pour reparaître bouillonnant et se précipiter de nouveau.

Le cours d'eau semble se jeter dans la mer par le Mouni. Il a plusieurs affluents. En aval de Mfia sa largeur est de 20 mètres, sa profondeur de $1^{m},50$ à 2 mètres.

Près de Mfia le Temboni est formé par une série de canaux venant du nord, du nord-est et de l'est. Son cours est embarrassé de massifs et d'îlots de bambous et de lianes épineuses. La largeur de la rivière est ici de plusieurs centaines de mètres, à cause de ces canaux; au sud d'Azombo elle n'est plus que de 200 mètres.

Plus en amont, le Temboni se grossit du Kome (nous en avons déjà parlé), du *M'vila* (sur sa rive droite court une chaîne de montagnes de 1300 mètres environ), et peut-être aussi, au dire des indigènes, du *Méheume*. Fourneau, en partant du M'vila, arriva au Méheume par une contrée très tourmentée. La rivière a une largeur de 25 à 40 mètres. Elle n'est pas navigable à cause des chutes et des rapides qui se succèdent sans interruption. Quelques centaines de mètres en amont de Bifouandé, elle forme un vaste lac dont les bords sont couverts de hautes herbes et dont la rive droite est dominée par une ceinture de montagnes d'une altitude de 1300 à 1400 mètres. Le Méheume a plusieurs tributaires directs ou indirects.

Si l'hypothèse de l'écoulement des eaux du Méheume et du Temboni se vérifie, le San Benito ne sera plus qu'un simple petit fleuve côtier.

Au delà d'Ebiameïong coule le *Kombi*. Il n'est qu'une succession de chutes et de rapides. Par instant il coule encaissé dans un thalweg dont les crêtes ont une altitude de 1200 mètres. Ses berges sont parfois formées par des murailles granitiques verticales de 10 à 20 mètres de hauteur.

Le Kombi, désigné aussi sous le nom de Quiyack, forme le cours supérieur du *Yomo*, qui est l'estuaire proprement dit du Campo.

Sur la rive droite du Kombi, à l'altitude de 1180 mètres, Fourneau rencontra les sources du *Vaterfall*, qui se jette dans la mer à Petit Batanga (Cameroun allemand). Il tombe presque du faîte de la chaîne qui s'élevait à la gauche de l'explorateur et qui le séparait du Kombi.

A partir de ce moment la marche de Fourneau dégénérait en

descente rapide. Sur un espace de quelques kilomètres, la différence de niveau était de plusieurs centaines de mètres.

Voyage de M. Coudreau en Guyane (1). — M. Coudreau a fait trois campagnes en Guyane : la première, de 1881 à 1884; la deuxième, de 1887 à 1889; enfin la troisième, qui fait l'objet de cette notice, de 1889 à 1891.

L'explorateur s'embarquait à Saint-Nazaire le 10 août 1889 pour étudier la Guyane centrale, le pays des grandes tribus Peaux-Rouges. Le 31 décembre, il était en Guyane au Saut-Galibi, dans le *Bas-Oyapock*. Les canots le conduisaient bientôt dans le cours supérieur de ce fleuve.

La campagne d'hiver, marquée par des pluies diluviennes, était employée à parcourir, de janvier à juin 1890, les grands affluents de la rivière, tous inexplorés. Rive gauche, le *Bas-Camopi* et l'*Inipi* (janvier), l'*Yaroupi* (juin), le *Bas-Eureupoucigne* (mars); rive droite, l'*Yaoné* (mai), le *Motoura* (mai), l'*Yingarari* (avril).

Tous ces cours d'eau sont encombrés de chutes et traversent de vastes marécages. L'exploration de ces sept rivières, en comptant la montée et la descente, forme un total de 666 kilomètres.

Une seconde période de l'exploration était consacrée à un grand voyage circulaire à travers la Guyane centrale par l'*Oyapock*, le *Yari*, le *Mapaony*, l'*Itany*, l'*Inini* et l'*Approuague*.

Le 12 septembre, Coudreau se trouvait dans la branche occidentale du Haut-Oyapock, le *Kerindioutou* (la rivière des chutes). De là il franchissait la masse des Tumuc-Humac orientales, et arrivait à la crique *Rouapir*, sous-affluent du Yari ; du Rouapir il descendait dans le *Kouc* et par lui dans le Yari, le 28 septembre 1890.

Du 31 octobre au 1er décembre, le voyage se faisait en canot de l'Yari à l'*Aoua*; l'Yari était remonté jusqu'à son confluent avec le Mapaony ; puis l'explorateur se lançait dans cette dernière rivière. Les canots durent franchir une quinzaine de chutes. Ces chutes, hautes de 1 à 10 mètres, sont la caractéristique de presque tous les cours d'eau de la Guyane. Elles rendent la grande navigation impossible.

Après neuf jours de canotage, on arrivait de nouveau aux Tumuc-Humac.

(1) *Compte rendu des séances de la Société de géographie de Paris*, 1891, pp. 364-387 et 1 carte.

Ces masses se terminent à l'est sur les bords de l'*Aragouary;* de nombreuses rivières en descendent : le *Rio Branco*, l'*Essequibo,* le *Maroni,* l'Oyapock. On croyait qu'elles ne formaient qu'une seule grande chaine de montagnes. Coudreau a découvert douze chaînons isolés, dont il a mesuré 300 sommets.

Au delà des Tumuc-Humac, Coudreau gagnait les rives de la Haute-Itany, le cours d'eau devenu frontière avec les Pays-Bas, depuis la sentence arbitrale du Czar.

L'Itany reçoit, sur la rive néerlandaise, la grande rivière *Oulémary ;* le territoire qu'elle traverse est riche en or; sa population est fort guerrière. Plus en aval l'Itany rencontre, sur la rive française, le *Marouini,* avec lequel il forme l'Aoua. Celui-ci prend bientôt le nom de Maroni.

Le 1er décembre 1890, Coudreau se trouvait chez Anato, chef des Bonis.

Deux itinéraires se présentaient pour gagner Cayenne. Descendre le Maroni : l'explorateur trouvait la chose trop facile; ou bien remonter, au prix de grands efforts, l'Inini, pour pénétrer de là dans l'Approuague. C'était ce dernier itinéraire qui l'emportait. Le 27 janvier 1891, l'expédition rentrait à Cayenne et le 7 mai à Paris.

Les résultats géographiques de cette campagne sont importants. Coudreau rapporte 5000 kilomètres de levés; 2500 sont nouveaux, et plus de 1000 recueillis en pays inexploré. Ces itinéraires sont à l'échelle du 1/25000 au 1/100000.

L'Oyapock et ses affluents supérieurs, le Haut-Yari et ses grands tributaires le Kouc et le Mapaony, les Tumuc-Humac orientales et occidentales, les hauts plateaux qui les bordent au nord, l'Itany et l'Aoua, l'Inini, la Guyane centrale jusqu'à Inipi et Approuague, l'Approuague enfin, ont leur carte dressée, et viennent animer la vaste tache blanche qui se trouvait sur nos cartes avant 1883.

Coudreau n'a pas négligé les données sur les productions et les richesses du sol et du sous-sol, sur l'or roulé par les rivières, sur les populations indiennes de ce pays. Il enrichit de nombreux documents leur ethnographie, leur histoire, les notions qu'on possédait sur leur langue.

Sur le Niger. Lac Deboe. Courants et crues du Niger (1). — M. Jaime a quitté Mopti, le 26 septembre 1890; le 27, il mouillait à l'entrée du lac Deboe.

(1) Par G. Jaime, lieutenant de vaisseau. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, pp. 39-48.

Depuis Koulikoro jusqu'à Diafarubé, le Niger coule sur des terrains sablonneux dans une direction comprise entre le nord-est et l'est-nord-est. Il se partage alors en deux branches. Sur près de 300 kilomètres, elles coulent presque parallèlement à la direction nord-est, enserrent un marécage immense et se jettent enfin dans le lac Deboe, l'une près de l'extrémité est, l'autre près de l'extrémité ouest.

Dans ce vaste delta, les herbes ont 4 ou 5 mètres de hauteur; la profondeur d'eau est de 3 à 4 mètres.

La branche occidentale est la moins navigable; près du lac il y a des tourbillons et des rapides.

On navigue sans difficultés dans la branche orientale; elle reçoit, à Mopti, les eaux du *Mayel Balevel* et se bifurque un peu plus en aval. Elle donne ainsi naissance au *Koly Koly*, qui n'est pas fréquenté par les pirogues. Ce dernier bras ne pénètre pas dans le lac; il rejoint le Niger un peu en amont de Safay.

Le Deboe a la forme d'une ellipse dont le grand axe, dirigé de l'est à l'ouest, atteint près de 50 milles.

A l'est, au nord, à l'ouest et au sud-ouest les rives sont assez élevées; mais au sud la rive du lac est tellement basse que la moindre crue la fait disparaître; le Deboe ne fait plus qu'un avec le delta et s'étend pour ainsi dire jusqu'à Diafarubé.

Les deux branches du Niger traversent le lac, profond de 3 mètres, presque en ligne droite, et s'en échappent, sur la rive septentrionale, par deux issues de 50 mètres de largeur. A l'époque des crues le courant, qui était de 4 à 5 nœuds à l'entrée, tombe à 1 1/2 nœud à la sortie. Les deux branches du fleuve convergent à Safay, à 250 kilomètres de la sortie du Deboe.

En aval de Safay, le fleuve s'élargit par l'appoint des eaux du Koly Koly; on n'est plus guère alors éloigné de Tombouctou. Enfin, à 500 kilomètres plus loin, à Tosaye, le fleuve étranglé entre des berges escarpées s'infléchit vers le sud.

Les canonnières, à plus forte raison les pirogues, ont à souffrir des tornades sur le fleuve, et surtout sur le lac Deboe.

L'époque des plus hautes eaux du Niger est, à Koulikoro, le 20 septembre, à Mopti le 15 octobre, à Safay en décembre, et à Tombouctou en janvier.

La vitesse du courant varie chaque jour. M. Jaime ne peut la donner pour certains points qu'avec les dates du passage.

La Sangha (1). — Grenfell place le confluent de la *Bossaka* ou *Likouala* par 1° 10′ lat. S. et 17° 13′ long. E. Gr. A 1500 mètres à peine en amont, se présente une succession de cinq bras de rivière. Réunis ils constituent un delta de 19 kilomètres de base. Elle est comprise entre 17° 13′ 30″ et 17° 21′ 20″ long E. La branche la plus septentrionale est située par 1° 9′ lat. S.; la branche la plus méridionale par 1° 14′ lat. S. C'est par ce delta que la *Sangha* se déverse dans le Congo (rive droite).

MM. Grenfell et von François ont fourni les premiers renseignements sur ce cours d'eau. Montés sur le steamer *Peace,* ils explorèrent, en 1885, le delta et remontèrent la rivière jusqu'à 30 kilomètres de son embouchure. Elle a des eaux jaunâtres, une direction nord-est et un cours presque parallèle à celui de l'Oubangi.

Sa largeur est de 600 mètres. Westmark l'estime à 800 mètres près de Bounga, et à 600 mètres non loin de l'équateur. Pour Cholet, la Sangha inférieure est partout large de 1200 à 1800 mètres, sauf entre les rivières *Missongo* et *Diali,* où son lit semble s'être dédoublé.

La profondeur est de 3 à 10 mètres et la vitesse du courant de $1^{m},25$ à la seconde. Il résulte des données de von François qu'aux eaux moyennes, fin d'octobre, le débit de la rivière atteint 1800 mètres cubes à la seconde.

Tout le cours de la rivière est parsemé d'îles verdoyantes, de bancs de sable et de quelques rares rochers qui obligent à faire des détours considérables pour trouver des passages. Ses rives offrent des alternatives de forêts et de savanes peuplées de bœufs sauvages. Les hippopotames y ont élu domicile en grand nombre.

En décembre 1884, MM. Jacques de Brazza, Dolizie et Pecile ont remonté la Sangha jusqu'à 0° 30′ lat. N. Par 0°15′4″ lat. S. ils remarquèrent sur la rive droite un sol de limonite pisolithique, couche rappelant le terrain du Gabon.

C'est grâce aux explorations de MM. Cholet, Fourneau, Gaillard et Husson, faites de 1890 à 1891, que l'hydrographie du bassin de la Sangha commence à se dessiner mieux.

(1) *Renseignements de von François.* MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, 7 février et 5 septembre 1886, pp. 5 et 76; *Renseignements de Westmark.* IBID., 18 avril 1886, p. 30; *Exploration de Jacques de Brazza, Dolizie et Pecile.* IBID., 9 octobre 1887, p. 92; *Exploration Cholet. Rapport.* JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 10 novembre 1890, p. 5443; *Exploration Fourneau, Gaillard et Husson. Rapport.* IBID., 31 août 1891, pp. 4303-4304, et 14 septembre 1891, pp. 4505-4506.

Dans le pays des Afourous le cours d'eau reçoit à gauche la *Missongo*. Immédiatement en amont il perd la moitié de sa largeur, est encaissé et n'est plus encombré d'îles; il ne retrouve son débit ordinaire qu'au-dessus d'un bras très important, appelé *Diari* ou *Toko* par les indigènes. Ce bras se détache de la Sangha près du village de Malombi et ne la rejoint que par la Missongo.

Contrairement à l'opinion de M. Cholet, nous pensons que la Missongo n'est pas une rivière, mais le prolongement du Diali. Le cours de la Sangha serait donc ici encombré par une grande île.

En face du confluent du *N'Goko*, qui est un affluent de droite de la Sangha, une île se trouve au milieu de la rivière. M. Gaillard a établi un poste en face de cette île, sur la rive gauche de la Sangha, par 1° 36′ lat. N. et 15° 34′ 44″ long. E.

Le 8 mars 1891, M. Gaillard a remonté le N'Goko. Le point extrême qu'il ait atteint sans difficulté, dans la direction du nord, se trouve au confluent des rivières *Boumba* et *Lobi* par 2°3′ lat. N. et 15° 54′ 14″ long. E.

A partir de ce point, le N'Goko, qui doit être le Lobi, s'infléchit vers le sud-ouest. L'explorateur continua le voyage jusqu'à 1° 58′ lat. N. et 15° 8′ 14″ long. E. Vu l'état des eaux, il devenait dangereux d'essayer de remonter plus loin en vapeur. Des séries de barrages, faits de têtes de roches, se trouvaient à fleur d'eau.

D'après tous les renseignements recueillis, le N'Goko prendrait sa source dans le massif qui donne naissance à l'*Ivindo* et à ses affluents de gauche. Le *Djah*, découvert par Crampel, et dont celui-ci fait un affluent de la Likouala, ne serait-il pas la branche supérieure du N'Goko?

Le N'Goko est large de 200 mètres au plus; ses berges sont boisées, le courant rapide; on y trouve beaucoup de rochers aux eaux moyennes, mais les rapides peuvent alors être franchis sans trop de difficultés.

Quant à la Boumba, M. Gaillard n'a pas pu y rentrer par suite du manque d'eau; il ne la croit navigable en aucune saison; les pirogues ne peuvent la remonter plus de 4 milles en amont de son embouchure, à cause des successions de rapides qui la barrent complètement.

Le 24 mars, M. Gaillard était de retour au poste établi sur la Sangha, en face du confluent du N'Goko; il constatait peu de jours après une crue de $0^m,50$ dans les eaux de la rivière.

L'explorateur se remettait en route le 3 avril; il arrivait le

même jour au point extrême atteint par M. Cholet et que celui-ci n'avait pas pu dépasser; les eaux très basses ne lui avaient pas permis de franchir une série de bancs de sable. Six jours plus tard, il se trouvait au village de N'Dongo, sur une île de la Sangha, par 3° lat. N. et 15° 30′ 14″ long. E. En aval de ce point la Sangha reçoit à droite la *Madomba*.

M. Gaillard atteignit bientôt le village d'Ero (3° 9′ 30″ lat. N. et 15° 36′ 14″ long. E.), en amont duquel on commence à rencontrer des difficultés pour la navigation: rochers épars, bancs de roches à fleur d'eau, barrages-rapides.

Par 3° 16′ 30″ lat. N. et 15° 32′ 44″ long. E., se trouve le rapide de *N'Gongo,* et par 3° 20′ lat. N. et 15° 29′ 14″ long. E., le rapide de *Lipa;* c'est le passage le plus difficile à franchir. Au-dessus de ce point la Sangha a 100 mètres de largeur environ; dans un coude brusque elle se trouve resserrée entre des montagnes à pic et n'est plus large que de 80 mètres.

Plus en amont, la rivière se grossit sur la rive droite de la *Kallé.* Par 3° 30′ 15″ lat. N. (1) et 15° 19′ 51″ long. E., elle est formée par deux bras importants: la *Likélé* ou *Ekéla,* dont la direction est nord-est, et la *Massiéba* ou *Massiépa,* venue du nord-nord-ouest.

M. Gaillard a remonté d'abord la Likélé jusqu'à 3° 42′ lat. N. et 15° 21′ 14″ long E., puis la Massiéba jusqu'à 3° 31′ lat. N. et 15° 15′ 14″ long. E. Il a été arrêté dans la navigation de ces deux rivières par suite de l'état des eaux. De nombreuses digues de cailloux émergeaient. A l'époque des crues, c'est-à-dire d'août à décembre, les steamers pourraient peut-être remonter la Sangha au delà du point atteint par MM. Gaillard et Husson.

Au delà de 3°42′ lat. N., la Likélé reçoit à droite la rivière *Sodi,* puis un autre cours d'eau au sud du village de Nzaouré. Par 4° 20′ lat. N., commencent les rapides; ils ont une longueur de 15 milles environ. Les rapides de Bania semblent les plus importants; ils forment une succession de sauts et de tourbillons. De chaque côté des rives, des bancs de roches à moins d'un mètre de profondeur ne permettent pas de profiter des contre-courants pour remonter, de sorte qu'en réalité toute l'eau passe dans un canal d'environ 30 mètres de large en formant une immense crête écumeuse. C'est sur cette ligne de faîte qu'il faut se maintenir pour éviter d'être pris dans d'immenses tourbillons en

(1) Le Journal officiel de la République Française du 30 septembre 1891, p. 4718, renseigne 3° 40′ lat. N.

entonnoir. La vitesse du courant est de 6 nœuds. Au pied du rapide, qui n'a pas moins de 300 mètres de long, la profondeur dépasse 30 mètres. Lorsque les eaux sont hautes, le passage doit être moins difficile, parce qu'on pourrait passer le long des rives. Par 4° 30′ lat. N., donc en amont des rapides, la rivière présente un bief navigable par vapeurs. Ce bief a été descendu par Fourneau depuis 5° 30′ lat. N. Au dire des indigènes, il se prolonge encore de 2 degrés plus au nord (1). En tout cas la rivière est sillonnée par les pirogues, jusque 6° 30′ lat. N., point extrême atteint par M. Fourneau. On sait que le coude de l'*Oubangi* est par 5° 7′ 20″ lat. N.

La Sangha, dont le cours est déterminé sur une longueur de 800 kilomètres environ, est, comme dit M. Gaillard, une importante voie de pénétration dans le Soudan. C'est ce qu'avait pressenti, il y a cinq ans, avec beaucoup de sagacité, M. Wauters, directeur du *Mouvement géographique*, un des savants les plus versés en géographie africaine.

Les Portes de Fer et leur régularisation (2). — Dans son cours de 2800 kilomètres, le Danube traverse des plaines et des plateaux. En plusieurs endroits cependant il est resserré par des reliefs au travers desquels il s'est frayé un passage. Ce sont les contreforts des Monts de Bohême et du Hausrück ; puis l'enchevêtrement des petites Carpathes et des hauteurs de la Leitha ; enfin au sortir de la plaine hongroise, en aval de Bazias, les gorges fameuses connues sous le nom de *Portes de Fer*.

Leur longueur est de 90 kilomètres d'Alibeg à Sip, en aval d'Orsova. Les parois des crêtes qui étreignent le fleuve se dressent parfois à 600 mètres. Les eaux, repoussées par d'énormes blocs, ne forment que rapides, tourbillons et brisants.

D'amont en aval, l'ensemble de la *Klissura* se subdivise en plusieurs passages : la Petite Porte de Fer, le bassin de Milanovacz, la gorge grandiose de Kazan et la Grande Porte de Fer.

Dans la Petite Porte de Fer on rencontre successivement la traînée d'écueils de Sztenka, longue de 760 mètres ; aux eaux basses on est obligé de transborder voyageurs et marchandises ; le fleuve a ici une largeur de 950 mètres. Quinze kilomètres en aval, près de Drenkova, les bancs de Kozla et de Dojke ; enfin

(1) Ibid., *loc. cit.*, même page.

(2) Par E. Dolet. *Revue française de l'étranger et des colonies*, t. XIV, pp. 240-247.

les hauts fonds rocheux d'Izlaz et de Tachtalia, et les rapides de Greben.

On entre alors dans le bassin de Milanovacz, immense évidement de plus de 2 kilomètres de largeur, et en aval des rapides de Jutz, dans le défilé de Kazan; le Danube n'y mesure plus que 150 ou 160 mètres entre ses rives, mais sa profondeur atteint de 42 à 75 mètres.

Près de la frontière roumaine, à Sip, s'ouvre le plus dangereux défilé danubien, la Grande Porte de Fer. Six mois de l'année seulement le passage est praticable aux navires. Le site est moins sauvage et le fleuve plus large qu'à Kazan; mais le lit tout entier n'est qu'un seuil de récifs compacts formant une série de tourbillons et de rapides.

En aval de la Grande Porte de Fer, le Danube s'élargit soudainement et ouvre à la navigation une magnifique voie fluviale.

Plusieurs fois déjà on a cherché à vaincre les obstacles que les navires rencontrent dans le fleuve. Dès la fin du XVIIIe siècle, on s'occupe de la canalisation des Portes de Fer. Vers 1834, le comte Stefan Szechenyi, celui qu'on a surnommé le " grand Hongrois ", s'attela résolument à la solution du problème. Aidé des lumières de deux ingénieurs, il élabora un plan qui reçut un commencement d'exécution au banc rocheux de Dojke. Ce plan repose sur des études si sérieuses qu'il a servi en grande partie de base au projet de régularisation actuel. C'est à l'Autriche-Hongrie que le congrès de Berlin (art. LVII) a confié l'exécution de cette grande œuvre; mais les travaux n'ont commencé qu'en septembre 1890.

Il s'agit : 1° de débarrasser les sections de Sztenka, de Kozla, de Dojke, d'Izlas, de Tachtalia et de Jutz, des nombreuses roches qui émergent du lit du fleuve; 2° de pratiquer la même opération aux rapides de Greben et d'augmenter le tirant d'eau en rétrécissant certaines sections au moyen de digues de pierre; 3° de contourner les cataractes de la Grande Porte de Fer par le creusement d'un canal dans les roches de la rive droite.

Les ingénieurs rencontreront les plus grosses difficultés aux rapides de Greben et de la Grande Porte de Fer.

De Greben à Milanovacz, il faudra une digue régulatrice de 75 kilomètres de longueur sur une largeur en couronne de 3 mètres. Ce travail représente un jet de pierres de 600 000 mètres cubes.

En amont de la Grande Porte de Fer, les obstacles que présentent les récifs seront surmontés au moyen d'un canal de

60 mètres de largeur au fond sur 2 mètres au moins de profondeur.

Dans la Grande Porte de Fer même, il ne suffit pas de canaux et de digues. L'écueil " Prigrada ", long de 1050 à 1690 mètres, traverse le fleuve diagonalement dans la direction du sud-est. En amont et en aval émergent différentes roches qui augmentent le nombre des tourbillons et des remous. Le courant est ici de $4^{m},2$ par seconde à l'étiage; la profondeur atteint à la rive gauche 80 et 95 mètres.

On contournera l'obstacle par un canal découvert de 80 mètres de large sur 2200 mètres de long. Ce canal, creusé sur la rive droite, sera séparé du fleuve par des digues. C'est un mouvement d'un million de mètres cubes de pierres.

Le coût total de l'entreprise est évalué à 9 millions de florins. Cette dépense, fût-elle sensiblement dépassée, sera couverte par les énormes profits qu'en retireront l'Autriche-Hongrie et tous les États riverains du Danube.

Une conséquence très importante de la régularisation des Portes de Fer, ce sera un écoulement plus rapide des eaux à l'époque des crues et une diminution probable dans le nombre des inondations, non seulement sur la Theiss inférieure, mais encore à Budapest même, où le gonflement de cette rivière a souvent pour effet de faire sortir le Danube de son lit.

L'année cartographique. Supplément annuel à toutes les publications de géographie et de cartographie. Premier supplément, octobre 1891. — Paris, *Hachette.*

Cet utile et intéressant travail est dressé et rédigé sous la direction de M. F. Schrader, le directeur des travaux cartographiques de la librairie Hachette, le collaborateur de Vivien de Saint-Martin pour son atlas universel de géographie et un des auteurs de l'atlas de géographie moderne.

Tous les ans paraîtra un fascicule. Il comportera plusieurs cartes très bien faites. Celui que nous signalons en renferme trois : l'Asie, l'Afrique et l'Amérique. On y trouve soit la carte générale des continents à très petite échelle, soit les itinéraires des principales explorations qui se sont faites en 1890.

1890 ! dira-t-on ; ce n'est plus tout à fait récent. Sans doute. Mais ne convient-il pas de tenir compte du travail qu'exige une pareille publication ? Il est à supposer d'ailleurs que les fascicules suivants ne paraîtront plus à la fin de l'année.

On objectera aussi que les itinéraires inscrits sur les cartes ne sont pas inédits. Mais M. Schrader n'a pas la prétention de

re défiler devant nous de merveilleuses trouvailles. Il a tout bonnement voulu centraliser dans quelques pages, et il le fait avec talent, les faits et les découvertes disséminés dans un grand nombre de revues françaises et étrangères et qui doivent laisser une trace dans la géographie générale.

Le verso de chaque carte est accompagné de notices succinctes. Elles se rapportent aux événements géographiques de 1890. Nous y lisons les noms de MM. Schrader, D. Aïtoff, Ch. Rabot, Emm. de Margerie (excellente notice sur la nouvelle carte topographique des États-Unis), Victor Huot et D. Kaltbrunner.

Dans la notice consacrée au voyage de M. E. Bonvalot et du prince Henri d'Orléans au Thibet et dans l'Asie centrale, et signée du nom de M. Schrader, nous regrettons de ne point voir cité le R. P. De Deken. Le missionnaire belge fit la traversée de l'Asie avec les deux explorateurs français et ne leur fut pas précisément à charge. Il est du devoir du critique de rectifier cet oubli, pas volontaire, nous en avons l'assurance, et de signaler à M. Schrader qui les ignore sans doute, parce qu'elles sont consignées dans deux revues toutes modestes (1), les notes prises par le religieux au cours du voyage. Elles sont intéressantes et dénotent un judicieux esprit d'obversation.

Une dernière remarque. M. Kaltbrunner dit que le capitaine belge Van Gele a relié définitivement l'Oubangi à l'Ouellé-Makoua, véritable branche-maîtresse de l'Oubangi. Nous serions charmé d'apprendre sur quelles données scientifiques est basée cette affirmation. D'après les constatations précises de l'officier belge, l'Oubangi est formé, par 4° 7′ 49″ lat. N. et 22° 36′ 2″ long. E. Gr., de deux bras, le *M'Bomou* et le *Kayou (Makoua* de Junker, *Ouellé* de Schweinfurth). De ces deux bras, le plus important, c'est-à-dire celui qui a le plus fort débit, ne doit-il pas être considéré comme la branche-maîtresse de l'Oubangi ? Or, le M'Bomou a un débit de 1000^{mc}, et le Kayou de 850^{mc} seulement à la seconde.

Nous concevons les préoccupations politiques qui hantent le cerveau de M. Kaltbrunner. Mais est-ce une raison pour avancer des faits scientifiquement inexacts ?

F. Van Ortroy,
lieutenant de cavalerie.

(1) *Bulletin de la Société royale belge de géographie*, 1891, mars-avril, pp. 129-146 et 1 carte extr. du *Bull. de la Société de géographie de Paris*. — *Missions en Chine et au Congo*. Bruxelles, Polleunis, in-4°, n° 29, juin 1891, pp. 453 et sqq. avec fig. *(A continuer)*. Une carte est jointe au n° 32, septembre 1891.

CHRONIQUE AGRICOLE.

Les parasites de l'agriculture. Le Bombyx moine et la Cécidomie du froment. Les Pucerons et les Thrips. Les Tipulaires. L'ergot et la carie. Nouveaux remèdes contre les parasites des récoltes. — Rendement de la récolte de 1891. — La Bouillie bordelaise. — L'enseignement de la laiterie. — L'alios.

Nous avons signalé l'an dernier les ravages occasionnés dans les Campines limbourgeoises et anversoises par un parasite de l'ordre des Lépidoptères, peu connu jusqu'ici en Belgique, *le Bombyx monacha,* classé tour à tour dans différents genres par les naturalistes de cabinet qui semblent vouloir reproduire le miracle de la confusion des langues en multipliant la synonymie et les noms barbares, sans aucun profit pour la science.

Heureusement ces ravages, dont on redoutait le développement cette année en Belgique, ne se sont pas étendus; au contraire, l'été pluvieux paraît avoir entravé le développement des chenilles qui sont mortes en grand nombre avant la dernière mue.

Par contre, nos céréales, gelées pendant l'hiver si rigoureux de l'année dernière, ou semées tardivement au printemps, ont beaucoup souffert des attaques de divers parasites, tels que les Cécidomies, les Thrips, les Pucerons dont on a confondu à tort les sécrétions sucrées avec le miellat (1).

Bon nombre de journaux ont annoncé que nos céréales, particulièrement nos froments d'été, étaient sérieusement attaqués par la mouche de Hesse. C'est une erreur. Le nom de mouche de Hesse a été donné par les Américains du Nord à un autre Tipulaire qui s'attaque aux chaumes et ne pond pas dans les épis. Les ravages de ce dernier sont plus redoutables, parce que la larve épuise complètement la plante en drainant la sève à son profit. Éclose à la base de l'épi, elle descend bientôt dans le premier entre-nœud, le perfore et continue ses ravages d'étage en étage jusqu'à ce qu'elle ait atteint les racines entre lesquelles elle se métamorphose. Il n'en est pas de même de la Cécidomie du froment (*tritici*), qui ne quitte l'épi que pour s'élancer à terre.

(1) Voir le *Journal de la Société centrale d'agriculture*, séance du mois de novembre 1891, p. 23.

Lorsque le blé est à peu près mûr, cette larve se courbe en arc et se détend comme un ressort pour bondir sur le sol où elle hiverne. Cependant la *Cecidomia aurantiaca,* qui parait n'être qu'une *variété* de *C. tritici,* se métamorphose dans l'épi entre les glumelles. On l'a observée cette année, particulièrement dans les Flandres.

Le gros *Traité de Zoologie agricole* de M. Brocci, ouvrage classique en France, ne distingue pas la Cécidomie destructrice de la Cécidomie du froment. C'est une confusion impardonnable dans un traité aussi récent et aussi volumineux qui s'adresse aux agriculteurs. Car il importe de remarquer que les moyens de destruction préconisés contre la Cécidomie destructrice de la tige sont beaucoup moins efficaces contre la Cécidomie du froment (de l'épi). En effet, si l'on brûle les chaumes sur place, on a beaucoup de chance d'atteindre la larve de la première, qui s'est logée au pied de la tige; tandis que la larve de la seconde s'enfonce dans le sol à l'endroit même où elle tombe. Le vrai remède, le seul efficace, consiste à produire des céréales à maturité hâtive, car la larve des Cécidomies ne prospère que lorsqu'elle trouve à sa portée du *lait* végétal, c'est-à-dire des grains mous, gonflés de sucs; or, comme la femelle éclot toujours vers la même époque (2me quinzaine de juin) et ne pond qu'au moment où l'épi sort du fourreau (1), il va de soi que tous les épis qui ont dépassé cette première phase de leur évolution échappent aux atteintes du parasite. — Les froments d'hiver semés au printemps sont naturellement les plus attaqués cette année, ainsi que les froments d'été semés trop tardivement à cause de la durée anormale de l'hiver. Le seigle est généralement indemne. L'orge et l'avoine sont attaqués dans certaines régions, mais les dommages sont peu considérables.

Toutes nos céréales sont attaquées par les *Thrips* et les Pucerons qui, sans être aussi redoutables que les Tipulaires, contribuent à l'épuisement des épis. Ces Thrips, d'un jaune-orangé dans le jeune âge de la larve, sont confondus souvent avec la larve de la Cécidomie. Cependant il est facile de les distinguer. La larve de la Cécidomie manque de pattes, comme toutes les larves de Cousins et de Tipules, tandis que le Thrips a trois paires de pattes et devient noir à l'état parfait. Certaines espèces de Thrips sont de redoutables ennemis de nos plantes cultivées, notamment le Thrips du lin, bien connu des cultivateurs du nord de la France et de la Flandre.

(1) D'après certains auteurs, dans les trois jours qui suivent l'apparition de l'épi.

On a préconisé avec raison le déchaumage immédiat après la moisson pour entraver le développement de tous les parasites dont les larves vivent dans le sol. Cette pratique présente d'ailleurs bien d'autres avantages connus des agriculteurs. L'alternance des récoltes, en d'autres termes un bon assolement, contribue aussi très efficacement à la destruction des parasites des céréales.

Les naturalistes signalent un grand nombre d'espèces de Cécidomies ou de Tipulaires *gallicoles* qui s'attaquent aux plantes cultivées. Presque tous ces petits cousins volent en essaim nombreux à la tombée du jour, comme leurs congénères. Ceux du froment, d'un jaune citron, prennent leur essor vers le milieu de juin (du 15 au 20 ordinairement) et déposent leurs œufs dans l'épi au moyen d'une longue tarière, fine comme un cheveu. Cette tarière est introduite avec une précision merveilleuse entre les glumes des épillets, juste à l'endroit où le germe du grain va se développer. La ponte a lieu surtout dans les derniers jours de juin et les premiers jours de juillet. On trouve généralement dans les épis de 5 à 20 œufs. Les parties de l'épi qui contiennent ces larves produisent des grains bossus ou contournés où le son prédomine sur la farine. Nous n'insisterons pas sur ces détails, qui sont déjà connus des agriculteurs instruits. Nous nous bornerons à faire remarquer que la tribu des *Tipulides*, à laquelle la Cécidomie appartient, se subdivise en deux familles: les Tipulaires *gallicoles*, qui produisent des excroissances sur un grand nombre de feuilles, comme la Cécidomie du hêtre et du tremble, et les Tipulaires *fungicoles*, à ailes noires ou enfumées, parmi lesquelles se range le *ver militaire* ou *ver processionnaire*, dont les larves qui naissent dans la résine du pin se réunissent en masses telles qu'on leur a donné en Allemagne le nom d'*armées de serpents* (Heerschlange).

Rien de plus étrange que les migrations de ces larves agglomérées qui se déroulent sur le sol des forêts comme les anneaux d'un véritable serpent de plusieurs mètres de longueur. Les larves elles-mêmes n'atteignent pas huit millimètres, ce qui donne une idée de l'importance de ces colonnes ambulantes à la recherche d'une pâture.

Certaines espèces s'attaquent aux fruits à pepins. D'autres paraissent contribuer dans la zone torride à la diffusion des germes de la fièvre jaune (1).

(1) *Les Microbes et la vie*, par M. Proost. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1889, p. 470.

Les pucerons ont pris cette année un développement extraordinaire, favorisé par l'humidité et la chaleur de ces derniers mois. Ces insectes résistent aux diverses causes de destruction par leur fécondité inouïe. C'est chez les pucerons que le philosophe Bonnet découvrit au XVIIe siècle le curieux phénomène de la parthénogenèse. S'il faut en croire certains observateurs, leurs œufs gèleraient pendant les hivers les plus rigoureux sans préjudice pour la vitalité des germes qu'ils contiennent.

Dans la province du Luxembourg, les ravages du *Chlorops lineata* et du *Cephus pygmée* paraissent avoir été plus considérables que ceux de la Cécidomie. Nous avons figuré et décrit le Céphus, hyménoptère voisin des mouches à scie ou Tenthrédines, dans le tome XIXe de cette *Revue*. Il s'est attaqué particulièrement à l'épeautre cette année, mais ses larves ont été détruites en grand nombre par son parasite, le *Pachymerus calcitrator*. Le Chlorops s'est attaqué aux froments de printemps dans un certain nombre de communes de l'Ardenne luxembourgeoise; on a évalué ses dégâts du cinquième au tiers de la récolte. Il vit également à la base de l'épi; sa larve jaune et sans pattes descend le long de la tige en y traçant un sillon jusqu'au premier nœud, où elle subit la nymphose. L'insecte parfait éclot en septembre et la femelle pond sur le blé qui lève. La larve s'attaque alors aux racines et se métamorphose en mouche à la fin du mois d'avril; cette fois la femelle dépose son œuf à la base de l'épi encore enroulé dans sa gaine.

Le Chlorops et le Céphus sont entravés dans leur multiplication par des parasites de la famille des Ichneumons qui pondent leurs œufs dans les larves dès que celles-ci commencent à se charger de graisse. Plusieurs espèces d'Ichneumonides s'attaquent aux larves des diverses espèces de Cécidomies et contrebalancent leur développement excessif.

L'année 1891 présente un intérêt tout particulier au point de vue de l'entomologie agricole. En effet, si l'hiver exceptionnellement rigoureux de 1890-91 (novembre, décembre et janvier) a entravé l'éclosion d'un certain nombre d'espèces communes, il n'a apporté aucune entrave au développement ou à la métamorphose d'autres espèces, comme les hannetons, dont on a observé les éclosions successives depuis mai jusqu'en juillet; ainsi que de certains Lépidoptères, comme le *Bombyx neustria* des arbres fruitiers et diverses espèces de *Piérides* communes, notamment la *Piéride du chou*, qui s'est multipliée d'une façon extraordinaire à la fin de l'été, au point de dévorer les feuilles de toutes les

variétés de choux dans les potagers. — Les ravages causés par les divers parasites aux céréales et aux betteraves ont été fort exagérés. Un cultivateur de betteraves du nord de la France a découvert, sans s'en douter, un moyen des plus efficaces pour détruire le ver blanc dans les terres à blé et à betteraves où il pullule trop souvent; il consiste à enfouir dans le sol des chiffons imprégnés de pétrole, par exemple les résidus des fumisteries des chemins de fer et des usines; les larves des Taupins et les vers gris, c'est-à-dire de la Noctuelle des moissons et de la *Plusia gamma*, seraient également détruits par ce moyen (1).

Les céréales d'hiver et de printemps, semées ou ressemées après l'hiver, ont donné un rendement inespéré, en dépit des pluies prolongées de l'été. De l'avis de beaucoup de cultivateurs, la saison pluvieuse a favorisé le développement des céréales semées tardivement, beaucoup mieux qu'une saison sèche, qui les aurait infailliblement brûlées sur pied. Cependant on a constaté, dans certaines régions sablonneuses et limoneuses, que le blé d'hiver semé au printemps, à défaut de blé de mars, n'ayant pas tallé régulièrement, s'est desséché avant la maturité par suite de la décomposition des radicelles. La fécondation de certaines variétés de froment ayant été entravée par la pluie, les étamines se sont desséchées dans les glumelles; leur couleur jaune et leur forme ont permis de les confondre avec des larves de Cécidomies. Le jaunissement prématuré de l'épi et le racornissement des grains de blé coïncidant avec la présence de la larve orange du *Thrips* logé dans le sillon longitudinal du grain, a fait croire également, nous l'avons dit, à la présence de la Cécidomie. Toutefois l'on ne peut nier que le racornissement du grain ne soit occasionné en partie par le Thrips qui suce le *lait* végétal avant la maturité.

Dans les Flandres et dans la Campine, l'*ergot* et la *carie* ont causé plus de ravages aux céréales que les divers insectes. L'ergot, qui s'attaque de préférence au seigle, s'est développé d'une façon anormale cette année sur le froment. Mélangé à la farine, ce parasite végétal peut engendrer de graves accidents par l'alcaloïde vénéneux qu'il contient. La carie s'est développée surtout sur les froments d'été de provenance américaine. La rouille s'est attaquée à diverses céréales ainsi qu'aux graminées

(1) On préconise beaucoup le mélange de savon noir avec le pétrole pour détruire directement les insectes par l'arrosage. Cependant plusieurs insectes résistent à l'action de ces substances.

de prairies. En général toutes nos plantes cultivées ont été sujettes aux maladies cryptogamiques engendrées par un été pluvieux.

La maladie de la pomme de terre a occasionné notamment de grandes pertes dans certaines régions limoneuses ou dans les sols d'alluvions, mais l'apparition du fléau a été conjurée partout où l'on a fait usage avec discernement de la bouillie bordelaise. C'est là un fait d'une importance considérable pour l'agriculture.

Des expériences particulièrement intéressantes ont été faites dans les Flandres par M. le Vte Vilain XIIII et par M. Thienpont.

M. Vilain XIIII constate que dans la région des polders de l'Escaut, le rendement moyen de la pomme de terre traitée par la bouillie a été le double de celui des pommes de terre non traitées.

M. Thienpont relate l'expérience suivante, qui a été faite dans des conditions de précision remarquables :

Quatre variétés soumises à l'essai. Engrais : 2500 kil. de fumier d'étable et 400 kil. de superphosphate 14/15 avant labour. La plantation a été faite le 16 avril, et le 2 mai 300 kil. de nitrate de soude ont été donnés en couverture, le tout calculé à l'hectare.

Les lignes ont été tracées à 0,60, et les semences placées à 0,50, soit 33000 plans à l'hectare.

Levée régulière, végétation luxuriante. Quatre aspersions à la bouillie bordelaise (arrosage : 2 kil. sulfate de cuivre, 1 kil. chaux par hectolitre d'eau) : la première, le 30 juin; la deuxième, le 18 juillet; le troisième, le 8 août ; la quatrième, le 27 août.

Quantité de bouillie employée : 10 hectolitres par traitement et par hectare.

Le reste du champ, sulfaté avec de la bouillie à 1 1/2 kil. sulfate de cuivre, n'a pas donné de moins bons résultats que la partie traitée à 2 kil.

1re variété, rouge indigène ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 3680 kil. Lignes aspergées : 25240 kil.

2e variété, Simpson ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 32040 kil. Lignes aspergées : 37160 kil. — Pas de maladie ; cette variété est peu sujette aux attaques du *Peronospora*. Il importe de remarquer que la parcelle aspergée a végété plus longtemps et plus vigoureusement, ce qui explique l'excédent en tubercules. Il serait très intéressant de déterminer la cause de cette différence, qui n'est point due à la maladie.

3e variété, Ryckmaekers ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 13360 kil. Lignes aspergées : 28000 kil.

4° variété, profess. Ochmichen ; tubercules sains. Lignes non aspergées : 15 920 kil. Lignes aspergées : 23 450 kil.

Dans la Campine, l'emploi de la bouillie a donné les résultats suivants :

VARIÉTÉS :	RENDEMENT A L'HECTARE :	
	Parcelle traitée à la bouillie bordelaise	Parcelle non traitée
Rouge de Campine	25 213	18 100
Boules françaises	26 920	20 433
Rouges avec fleurs blanches .	28 970	22 015
Farineuses rouges	21 800	19 240
Junon.	23 320	14 850
Ryckmaekers	19 440	13 530

Ce sont là, nous le répétons, des résultats tout à fait inespérés, qui permettent d'affirmer que l'on tient enfin le remède de la maladie des pommes de terre : problème dont certains agronomes considéraient la solution comme impossible, après de longs essais infructueux. Il convient d'ajouter que le Ministère de l'agriculture a été des premiers à préconiser et à vulgariser l'emploi de ce procédé dans nos campagnes, alors que son efficacité était encore révoquée en doute par la majorité des cultivateurs.

Le département de l'agriculture, en Belgique, a contribué également pour une large part à la fondation des sociétés coopératives, qui se multiplient rapidement dans le pays agricole par les conférences populaires, les cours temporaires d'agriculture et de laiterie. Aujourd'hui plus d'une centaine de jeunes filles ont conquis le diplôme octroyé par les écoles de « laiterie. »

Le gouvernement cherche par tous les moyens possibles à vulgariser les nouveaux procédés de fabrication de beurre et de fromage, qui ont conquis au Danemark l'important marché anglais dont nous étions les maîtres, il y a quelque trente ans. Il a compris que le meilleur moyen d'atteindre le but, c'est de donner cet enseignement aux filles de nos fermiers qui font leur éducation dans les pensionnats. Ces jeunes filles, à leur retour au foyer paternel, introduiront les nouveaux procédés dans les exploitations à la tête desquelles elles se trouveront placées plus tard.

Les pensionnats pour filles de Virton (1) et de Gysegem (2) possèdent un cours complet de laiterie. Le gouvernement en a également organisé récemment dans les pensionnats de La Hulpe (3), de Heule (4), de Brugelette (5) et de Oosterloo (6). Les élèves sont initiées à tout ce qui concerne le traitement du lait et sa transformation en beurre et en fromage. Elles prennent goût à ces cours et elles considèrent comme une faveur que leur font les maîtresses de pouvoir suivre les leçons. On a donc tout lieu de croire que les résultats seront profitables à notre agriculture. Quoi qu'on en dise, le rôle d'une fermière intelligente au courant des procédés nouveaux basés sur les faits acquis par la science est d'une importance capitale et doit concourir incontestablement à la rénovation agricole.

Si la récolte des céréales a dépassé les espérances des cultivateurs, il n'en a pas été de même, en Belgique, de la récolte du lin et du houblon, qui contribuaient pour une si large part à la prospérité de nos Flandres. La récolte du lin est universellement mal réussie. Quant à celle du houblon, évaluée sur pied à une bonne demi-récolte, elle atteint à peine un tiers (7). Le rendement moyen des betteraves à sucre est évalué à 26 300 kil., soit une diminution de 22 p. c. sur la récolte de l'an dernier; mais l'analyse accuse une augmentation de richesse en sucre.

RENDEMENT COMPARÉ :

Anvers et Flandres :	1890-91	12 92	—	1891-92	13 79
Hesbaye, Condroz :	1890-91	11 67	—	1891-92	12 81
Hainaut :	1890-91	11 80	—	1891-92	12 78

L'hectolitre de froment en Belgique valait :

en 1887	(novembre)	fr.	18 45
» 1888	»	»	21 20
» 1889	»	»	18 52
» 1890	»	»	19 93
» 1891	»	»	23 84

(1) Luxembourg.
(2) Flandre orientale.
(3) Brabant.
(4) Flandre occidentale.
(5) Hainaut.
(6) Anvers (Campine).
(7) *Écho agricole de Courtrai.*

Ces données de la statistique comparée ne justifient pas les appréhensions manifestées par les agronomes protectionnistes dans ces dernières années; néanmoins on ne peut nier l'intensité de la crise agricole et la nécessité de venir en aide aux cultivateurs qui n'ont jamais été traités par la plupart des gouvernements européens sur le même pied que les industriels. *Militarisme et protectionnisme dérivent de la même cause*, et ne sont que des manifestations différentes de la lutte pour l'existence ou de la concurrence vitale entre les nations. N'est-ce pas une inconséquence de couvrir ses frontières de canons et de forteresses, et d'afficher en même temps la prétention d'ouvrir ses portes toutes larges à la concurrence agricole des peuples voisins qui produisent certaines denrées à meilleur compte que nos cultivateurs? Le libre échange est un idéal, comme le désarmement universel; mais aussi longtemps que celui-ci ne sera pas réalisé, celui-là ne sera qu'une utopie.

En terminant, signalons à nos lecteurs les remarquables expériences de MM. Emeis, Ramann et Muller, sur la formation et la composition du tuf ou alios qui forme dans nos Campines de véritables plaques imperméables dans le sous-sol.

Contrairement à ce que l'on croyait jusqu'ici, l'alios des bruyères est très riche en éléments fertilisants. Il est formé essentiellement d'humates et de silicates de potasse et de fer qui jouent le rôle de ciment vis-à-vis du sable.

D'après Schloesing, 1 p. c. d'humate de fer peut solidifier 99 p. c. de sable. Emeis affirme que l'alios est la *caisse d'épargne* de la bruyère, en ce sens qu'il fixe les acides organiques, filtrant à travers le sable de la bruyère, sur des bases alcalines fertilisantes comme la potasse. L'alios contient aussi des sels phosphatés, ainsi qu'un peu d'azote ammoniacal et souvent plus de 50 p. c. de carbone. Il contient donc beaucoup moins de fer qu'on ne le pense; mais pour mobiliser et utiliser ses éléments fertilisants, il importe de le traiter par la chaux qui neutralise ses acides organiques.

Un agronome allemand prétend avoir découvert une nouvelle méthode pour l'analyse directe du sol arable par les végétaux, basée sur l'analyse chimique des plantes cultivées. Suivant cette méthode, on n'aurait plus à s'occuper des variations de rendement déterminées par l'apport des engrais; on tiendrait compte uniquement des proportions d'azote, de potasse et d'acide phosphorique contenus dans les plantes.

Ces proportions augmenteraient corrélativement avec l'apport

d'engrais, quand le sol ne contient pas les proportions suffisantes pour les besoins de la plante. Au contraire, la plante absorberait une quantité à peu près invariable de ces éléments, quand ils se trouvent dans le sol en proportion suffisante. Nous ne voyons rien de bien neuf dans cette théorie, dont l'exactitude est d'ailleurs fort discutable. En effet, certaines plantes, comme la betterave, absorbent des sels en excès, comme les nitrates et les chlorures alcalins, quand on les place à leur portée dans le sol. De même les céréales qui reçoivent un excès d'engrais azoté, l'absorbent en excès. C'est ainsi que certaines orges, traitées au nitrate de soude, sont repoussées par les brasseurs parce qu'elles sont trop riches en principes albuminoïdes. Quoi qu'en disent les détracteurs de la doctrine des engrais chimiques, *l'analyse du sol par la plante* a rendu de très grands services à l'agriculture. C'est à elle que nous devons la découverte de la fixation de l'azote par une série de plantes cultivées et de l'assimilation de la potasse et de l'acide phosphorique insolubles, si longtemps niées par les chimistes.

AGRICOLA.

SYLVICULTURE.

Balivage des taillis sous futaie (1). — Dans notre dernier compte rendu des questions de sylviculture (2), il était constaté que, depuis un décret royal du 28 août 1890, l'Administration forestière belge vend et exploite ses coupes en deux opérations séparées, l'une pour le taillis, avec réserve des baliveaux de l'âge mais sans s'occuper de la futaie, l'autre pour le choix des arbres à réserver et à abattre et l'estimation en vue de la vente de ces derniers. Ce mode de procéder, plus rationnel et plus efficace pour la culture forestière comme pour la vente des produits, mériterait d'être au moins essayé en France. A cela plusieurs objections étaient opposées : confusions de responsabilités entre les acheteurs du taillis et les acheteurs de la futaie dans le même parquet, prolongation des délais d'exploitation et de vidange nuisibles au recrû; difficulté de choisir les baliveaux

(1) *Revue des Eaux et forêts*; HUFFEL, C. PÉJOUX, D'ARCY.
(2) *Rev. des quest. scient.*, octobre 1891.

séparément des grosses réserves; enfin, en cas d'insuccès des adjudications, nécessité d'abattre les futaies sur des taillis ayant déjà plusieurs années. — Depuis lors il a été répondu à ces objections par un argument de fait, à savoir que le système, avant d'être généralisé en Belgique par décret royal, avait été pratiqué partiellement depuis un assez grand nombre d'années et avec succès, sans que se soient produits les inconvénients signalés; à savoir encore que, même en France, à la vérité dans des forêts de particuliers, cette pratique subsiste en Bresse, en Franche-Comté, dans les Vosges, dans le Nord, dans la forêt d'Harcourt appartenant à la Société d'agriculture de France, et que sur tous ces points, comme en Belgique, on n'y trouve que des avantages.

Ajoutons que, dans le cas où des coupes d'arbres resteraient invendues après l'exploitation des coupes de taillis, on aurait la ressource de faire exploiter en régie pour vendre ensuite les produits façonnés. Le même inconvénient se présente du reste dans des conditions tout à fait analogues pour les dernières coupes principales des pleines futaies, sans que personne, pour cela, ait jamais songé à en changer le régime.

Exploitabilité des taillis.—D'après l'avis de M. Broillard (1), ancien professeur d'économie forestière à l'école de Nancy, ancien conservateur des forêts à Dijon, avis partagé du reste par tous les forestiers expérimentés, c'est une grande erreur, de la part des propriétaires de taillis situés sur des plateaux calcaires, d'exploiter ces taillis à 20 ou 25 ans, car c'est le moment où, en quelques années, leur valeur doublerait. Reculer l'âge d'exploitabilité jusqu'à 30 ou 35 ans, et réserver un grand nombre d'arbres hauts sous branches pour croître en futaie au-dessus du taillis, telle est la méthode la plus sainement culturale en même temps que la plus productive pour l'exploitation des taillis.

Invasion des forêts du centre de l'Europe par un insecte (2). — C'est un lépidoptère, vulgairement connu sous le nom de *Moine* ou de *Nonne*, et appelé par les entomologistes, tantôt *Bombyx* (3), tantôt *Liparis* (4), tantôt enfin *Psilura* (5)

(1) *Réveil de la Haute-Saône.* Compte rendu de la première réunion annuelle de la Société forestière de Franche-Comté.

(2) et (4) *Revue des Eaux et forêts*, septembre-novembre 1891. Chronique.

(3) *Les Ravageurs des Forêts*, par H. de la Blanchère, 5e édition, 1876.

(5) *Recherches sur les insectes ravageurs dans la Campine limbourgeoise*,

(sans doute plus récemment, car nous n'avons trouvé ce dernier nom générique ni dans les *Ravageurs des forêts* de La Blanchère, ni dans le *Dictionnaire d'histoire naturelle* de Pizzetta [1890] qui n'est pourtant pas bien ancien); mais ce nom générique, quel qu'il soit, est toujours accompagné du nom spécifique *monacha*. La chenille de ce papillon est verdâtre ou jaune, ponctuée de brun ou de rouge et garnie de poils de chaque côté et tout le long du corps. Depuis moins de deux ans, le *Moine* ou la *Nonne* a envahi successivement les forêts de la Bohême, de la Bavière, de la Hongrie, de l'Autriche, de toute l'Allemagne, principalement les forêts résineuses, bien que cet insecte n'épargne pas non plus les bois feuillus. C'est en Bohême et en Moravie que la première alerte a été donnée, vers la fin de l'automne de 1890, trop tard pour que l'on pût commencer à combattre efficacement le fléau. Dès le printemps suivant, on se mit à récolter les œufs et à détruire les chenilles. Vains efforts: *Moine* ou *Nonne,* le terrible lépidoptère n'en a pas moins étendu son invasion. Le gouvernement autrichien a dû prendre d'énergiques mesures pour avoir raison de cette forestière plaie d'Égypte qui, non efficacement combattue, entraînerait en peu d'années la ruine totale des nombreuses forêts de ce vaste pays. Car ce néfaste bombyx mange toute espèce de feuillage, celui de l'épicéa, comme celui du chêne, du hêtre, du bouleau, du pommier, et s'attaque même à l'Airelle myrtille. " Comme le feu, dit La Blanchère, il détruit tout partout où il passe. „ La Suisse a, de son côté, pris quelques mesures en vue d'une invasion possible. La Belgique n'est pas non plus demeurée inactive; ses *sapinières* (1) de la Campine ayant été visitées par la redoutable *Nonne,* ce *Liparis* a fait l'objet de savantes recherches par M. le Garde général Defrécheux, M. Proost, l'éminent inspecteur général de l'Agriculture, et M. le Dr Bamps. Il résulte de leurs observations que le *Liparis monacha* est moins malfaisant en Belgique qu'en Allemagne. Sa première apparition n'y remonterait qu'à 1890, et se serait

par le Dr C. Bamps, membre des Sociétés d'entomologie et de botanique de Belgique. 1890.

(1) J'emploie ici le terme usité en Belgique, bien qu'il s'agisse de forêts de pin sylvestre, la seule essence résineuse qui existe en ce pays à l'état de peuplements forestiers. Nous dirions, en France, des *pineraies.* C'est ce qui m'avait fait, naguère, chercher une petite querelle d'Allemand à mon très savant ami M. Proost, qui sait assurément, aussi bien et même mieux que moi-même, ne pas confondre le genre *Abies* avec les innombrables espèces du genre *Pinus.* J'ignorais alors que la dénomination de *sapinière* fût donnée par tout le monde savant, en Belgique, à nos *pineraies.*

manifestée, ainsi que celle d'autres insectes ravageurs des bois, à la suite de semis faits avec des graines provenant d'Allemagne. D'où l'on serait porté à se demander si des œufs des papillons ou des coléoptères qui vivent aux dépens des arbres des forêts, n'auraient pas été adhérents aux graines venues d'un pays où ils pullulent si facilement.

En tout cas, il ne paraît pas que l'on ait de grands motifs de craindre de voir l'invasion de la *Nonne* s'étendre beaucoup en France (1). Tout en s'attaquant également aux feuillus, tout en étant *polyphage*, cet insecte ne prend bien son développement que dans les forêts résineuses, principalement dans celles d'épicéa. D'autre part, il ne s'élève jamais dans les hautes altitudes, qui sont les seules, en France, où se rencontrent des massifs importants de cette dernière essence. Il n'est donc pas à craindre que, de la Bavière, l'un des principaux centres de l'invasion, un vol de papillons vienne s'abattre sur les sapinières des Vosges. Tout au plus pourraient-ils, en parcourant un chemin plus considérable, s'abattre sur les jeunes pineraies de la Champagne, de la Bourgogne, de la Sologne, et sur les pignadas des départements du sud-ouest. Mais, sauf ces derniers qui sont bien loin, tous ces massifs sont de création récente, ne contiennent pas de vieux arbres, et sont trop jeunes pour offrir au bombyx moine un milieu de propagation convenable. Si donc l'invasion qui désole en ce moment l'Allemagne forestière n'est pas impossible en France, elle est du moins peu probable. Néanmoins il sera bon, si elle vient à menacer, de prendre toutes les mesures propres à l'arrêter à ses débuts.

Les quinquinas des forêts et les quinquinas cultivés (2). — Lorsque, dans la première moitié du XVIIIe siècle, La Condamine eut découvert, aux environs de Quito, le *Cinchona officinalis*, c'est-à-dire l'arbre porteur de la précieuse écorce fébrifuge, l'exploitation de cet arbre merveilleux se propagea rapidement et ne tarda pas à se pratiquer sur une vaste échelle dans les forêts de la chaîne des Andes. Le Cinchona croît rarement de lui-même en massif, mais le plus souvent par pieds isolés, plus ou moins dissimulés sous une ample enchevêtrure de lianes, ce qui le rend presque impossible à trouver par d'autres que par les indigènes. La recherche, même par les gens du pays, en est longue et labo-

(1) *Rev. des Eaux et forêts*, décembre. De Gail.
(2) *Cosmos*, décembre 1891. Laveruxe.

rieuse. Aussi dès qu'ils en ont trouvé un, ils s'empressent de l'abattre quel qu'en soit l'âge et sans se préoccuper de savoir s'il laisse, autour de la place qu'il a occupée, de jeunes semis pour en perpétuer l'espèce. En de telles conditions, la destruction entière et définitive d'une espèce si précieuse n'eût été qu'une question d'années; et déjà le prix du produit principal de l'écorce du Cinchona, le sulfate de quinine, avait atteint, en 1880, le prix moyen de près de 450 francs le kilogramme.

Heureusement on s'est mis à cultiver cette essence, et des plantations faites successivement à Java, aux Indes et, plus récemment sur les versants de la Cordillère des Andes, ont multiplié déjà les pieds du Quinquina au point que le kilogramme de sulfate de quinine était descendu, en 1889, au-dessous de 50 francs, prix moyen. C'est dans la zone intertropicale que croît et prospère le *Cinchona officinalis;* mais il lui faut une terre fertile et une altitude de mille à seize ou dix-sept cents mètres. L'exploitation rationnelle de l'écorce n'est pas sans quelque analogie avec celle du Chêne-liège. On se garde bien d'abattre l'arbre; on lui enlève seulement, de proche en proche et à suffisants intervalles de temps, des bandes d'écorce dans le sens longitudinal; et l'on recouvre l'emplacement de la bande soustraite avec de la mousse humide, qui protège le cambium, l'empêche de se dessécher et lui permet ainsi de sécréter une nouvelle écorce à la place de celle qui a été enlevée.

Incendies de forêts (1). — L'été de 1891 a été signalé par de nombreux incendies dans les forêts du midi de la France, de la Corse et de l'Algérie. C'est d'abord aux deux extrémités d'un pays forestier si coutumier du fait qu'on l'avait surnommé naguère *la région du feu;* il est, de son nom véritable, le massif montagneux des *Maures* et de l'*Esterel,* sorte d'îlot de granit et de porphyre qui s'élève entre la mer, au sud, et au nord les derniers escarpements calcaires de la chaîne des Alpes méridionales, dans le département du Var, entre Toulon et les environs de Cannes. Dans cette région, sous de hautes futaies de châtaignier, de chêne-liège, de pin maritime et de pin d'Alep, croissent, en épais et inextricables fourrés, la bruyère arborescente, le lentisque, le nerprun alaterne, le ciste buissonnant; pendant les grosses cha-

(1) *Rev. des Eaux et forêts,* septembre et novembre 1891. Chronique.
Des Incendies de forêts dans la région des Maures et de l'Esterel. CH. DE RIBBES.

leurs de l'été, toute la ramille de ces sous-bois se dessèche; qu'une étincelle vienne alors tomber sur les feuilles et aiguilles mortes qui tapissent le sol, aussitôt la flamme envahit les arbrisseaux aux extrémités calcinées par la température estivale, et le feu, le plus souvent activé par le vent, envahit d'énormes espaces. C'est ainsi que les 10, 11 et 12 août, 1600 hectares de bois de particuliers, situés à l'extrémité occidentale du massif des Maures, au nord de Toulon, ont été détruits par l'incendie. Huit jours après, dans l'Esterel, à l'autre extrémité du massif, le feu éclatait, les 20 et 21 août, dans la forêt communale de Mandelieu, s'étendait dans les bois des particuliers et dévorait 1000 hectares de peuplements.

Peu de jours après, mais à l'extrémité occidentale de nos départements méridionaux, le feu se déclarait à onze heures du matin, le 27 août, en même temps dans les pineraies (1) de la Gironde et dans celles du département des Landes, près Biscarrosse. Dans les premières, l'incendie, causé par l'imprudence d'un charbonnier, et poussé par le vent du sud-ouest, avait, en trois heures, envahi dix kilomètres carrés, dévastant plusieurs communes, atteignant à mort une dizaine de personnes, et n'était arrêté, à onze heures du soir, que par une pluie torrentielle. Les pignadas des Landes n'ont pas moins souffert : 4000 hectares de bois en plein rapport ont été détruits dans la seule forêt de Biscarrosse.

Moins considérable a été l'incendie de la forêt communale d'Ajaccio et des domaines Cunéo d'Ornano et Pozzo di Borgo, où, grâce à l'intelligente activité des agents forestiers, le feu a été circonscrit sur cinq hectares de maquis et d'oliviers. C'est également la direction imprimée par le service forestier à la marche du fléau qui a eu raison des incendies des cantonnement de Boghar et de Médea, en Algérie, mais après quels désastres ! 8500 hectares de forêts dans le premier, et 13 000 dans le second ont été, dans le courant d'août, la proie des flammes.

C. DE KIRWAN.

(1) *Pineraie*, terme générique s'appliquant à toutes les forêts de pins sans distinction de variétés ou d'espèces. — *Pignada* se dit d'une pineraie composée de pins maritimes, *P. maritima*, ou de pins parasols, *P. pinea*.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, t. CXIII, octobre, novembre et décembre 1891.

N° 14. **L. de la Rive.** La valeur de la tension, dans le diélectrique, est celle que l'on obtient en calculant la quantité de mouvement du fluide électrique, supposé incompressible. **A. Rodet** et **J. Courmont.** Il existe simultanément, dans les cultures du staphylocoque pyogène, une substance vaccinante précipitable par l'alcool et une substance prédisposante soluble dans l'alcool.

N° 15. **Amagat** fait connaître graphiquement et dans des tableaux numériques un nouveau réseau d'isothermes de l'acide carbonique contenant : 1° de dix en dix degrés (et en outre, pour les températures de 137, 198 et 258 degrés), et pour les pressions de 50 à 300 atmosphères, de 25 en 25 atmosphères, de 300 à 1000 atmosphères, de 50 en 50 atmosphères, les valeurs du produit de la pression par le volume du gaz; 2° un tableau supplémentaire, donnant le même produit pour 33 pressions diverses, de 31 à 110 atmosphères, pour des températures variant de 10 à 100 degrés, notamment pour 30, 32, 35 degrés, qui avoisinent le point critique. De nombreux essais ont prouvé qu'il est extrêmement difficile de déterminer exactement le point critique en observant directement la température à partir

se laquelle la liquéfaction n'a plus lieu. **P. Stroobant** : L'équation personnelle varie avec le sens du mouvement de l'astre, avec la grandeur du disque observé, etc. **F. Osmond** : Le silicium peut se combiner au fer avec dégagement de chaleur; mais le composé formé est dissocié par un excès de fer. L'aluminium, dans les conditions où l'emploie la métallurgie du fer, se dissout dans le fer fondu avec absorption de chaleur. Si, en pratique, on observe le phénomène inverse, c'est qu'il y a réduction de l'oxyde de fer dissous par l'aluminium.

N° 16. **H. Becquerel** : La théorie de Fourier représente très fidèlement la propagation de la chaleur dans la couche superficielle du sol, et l'on peut déduire de l'observation des températures souterraines le coefficient de conductibilité de cette couche pour des conditions d'humidité déterminées. Une épaisseur convenable de terre protège les racines des plantes contre un coup de froid brusque, mais elle ne peut plus être efficace contre les effets d'un froid prolongé, quoique peu intense, car alors l'abaissement de température se propage plus lentement, il est vrai, mais se fait sentir plus profondément en terre. **F.-P. Le Roux** : La cause de la diathèse rhumatismale réside dans l'envahissement de l'intestin par des masses zoogléiques (glaires intestinales). **Berthelot** signale les états allotropiques de l'argent, trouvés par Carey Lea, dont quelques échantillons (contenant peut-être d'ailleurs deux ou trois pour cent d'autres matières) ont une couleur d'or ou une couleur de pourpre. **G. Darenberg** : Le sérum d'une espèce animale possède le pouvoir de détruire les globules rouges du sang d'un animal d'une autre espèce et aussi celui de détruire certains microbes. Le sérum perd son pouvoir globulicide par un chauffage de 50 à 60 degrés, par l'action de la lumière diffuse, pendant huit à dix jours, par celle de l'ail pendant quelques heures. Le sérum globulicide et le sérum non globulicide ont même alcalinité. **C. Phisalix** : Le chromatophore des Céphalopodes est une sphère pigmentaire élastique dont les mouvements d'expansion sont déterminés par la contraction de muscles disposés en rayons à son équateur, et qui revient à l'état sphérique dès que la contraction a cessé. **Tondini** : Le synode général des Arméniens catholiques a décidé, en principe et à l'unanimité, l'adoption du calendrier grégorien, à la place du calendrier julien.

N° 17. **Poincaré** : On peut étendre à un excitateur quelconque les résultats de Hertz relatifs à l'état du champ électromagnétique et à la radiation de l'énergie. **P. Duhem** : Les

études expérimentales de H. Gilbault vérifient une relation qui se déduit de celle que Gibbs a établie entre la force électromotrice et le potentiel thermodynamique total, plutôt que la formule postérieure de Helmholtz. **A. Charrin** : Des toxines, autres que la tuberculine de Koch, introduites en dose suffisante, peuvent produire la fièvre chez les tuberculeux et aussi chez ceux qui ne le sont pas. **Roger** produit une atrophie musculaire progressive, analogue à celle que l'on observe chez l'homme, par inoculation à des lapins de cultures atténuées du streptocoque de l'érysipèle. **R. Blanchard** : Les prétendus muscles rayonnants des chromatophores des Céphalopodes sont des fibres conjonctives.

N° 18. **Mascart** : L'aberration ne dépend que du rapport de la vitesse de l'observateur à celle de la lumière dans la région occupée par l'instrument, sans qu'il y ait à faire intervenir les modifications que pourrait éprouver la propagation des ondes lumineuses entre l'étoile considérée et la Terre. Les expériences faites à la surface de la Terre déterminent la vitesse de la lumière dans l'air et, par suite, dans le vide sur toute la trajectoire de la Terre. Les éclipses des satellites de Jupiter donnent, par différence, le temps que la lumière met à parcourir le diamètre de l'orbite terrestre. La concordance du résultat avec celui que l'on déduit des dimensions du système solaire, évaluées par d'autres méthodes, prouve ainsi que la propagation de la lumière est uniforme dans l'intérieur de la trajectoire terrestre. L'excentricité de l'orbite de Jupiter permettrait peut-être d'étendre le même résultat un peu plus loin. La constante d'aberration peut changer, comme l'a observé Yvon Villarceau, par suite du transport encore si mal connu du système solaire. Les variations de cette grandeur présenteraient donc un intérêt capital. Le déplacement des raies dans le spectre des étoiles ne donne que la vitesse relative de l'astre et de la Terre suivant la droite qui les joint. Si l'on raisonne donc en toute rigueur, la portée des expériences directes et des observations astronomiques, au point de vue de la vitesse de la lumière, doit être restreinte à l'espace compris dans l'orbite terrestre; c'est seulement par une induction très vraisemblable qu'on l'étend au delà. **Janssen** : Les travaux entrepris au Mont Blanc, en vue d'y ériger un observatoire, consistent jusqu'à présent en deux galeries de 23 mètres, l'une du nord au sud, l'autre de l'est à l'ouest, à 12 mètres de distance verticale en dessous du sommet. Les deux galeries sont entièrement dans la neige durcie ; aucune n'a rencontré les aiguilles de

roche qui forment sans doute le vrai sommet du Mont Blanc. Un édicule en bois, solidement bâti sur des planches épaisses sur lesquelles on a foulé de la neige pour obtenir plus de stabilité, a été construit sur la croûte glacée qui forme le sommet de la montagne. **A. Gautier** vient de publier le tome troisième de son *Cours de chimie,* consacré à la *Chimie biologique*, où l'on trouve réunies beaucoup de ses recherches personnelles : sur les chlorophylles, sur l'acide urique et les séries urique et xanthique, sur les leucomaïnes, les ptomaïnes, sur les albumines, sur la pepsine, enfin sur l'origine de l'énergie et du travail musculaires et sur le mécanisme intime des phénomènes de la vie. « Le travail que fournit le muscle qui se contracte ne peut provenir d'une transformation de la chaleur correspondante aux actions chimiques dont cet organe est le siège. Si l'on applique, en effet, au muscle considéré comme source de chaleur, le théorème de Carnot, et si l'on tient compte du travail produit et de la dépense correspondante de combustible, on trouve que la fibre musculaire devrait s'abaisser pendant la contraction à plus de cinquante degrés au-dessous de zéro, ce qui est absurde. Dans un ordre d'idées différent, le travail psychique, les phénomènes de la conscience, de la pensée et de la volonté, ne sont corrélatifs d'aucune dépense d'énergie mécanique, chimique ou calorique ; ils entrent dans une classe de faits que préparent seulement les actes physico-chimiques dont les centres nerveux sont le siège, tout en n'ayant avec les actes psychiques aucune commune mesure. Le fait de penser consiste essentiellement dans le souvenir, la *vue intérieure* et la comparaison d'impressions déjà reçues, et non dans ces impressions elles-mêmes. La comparaison de ces impressions, aussi bien que la cause qui préside à l'ordre des phénomènes de la vie et la vie elle-même, ne dépensent aucune énergie qui leur sont propres. *L'organisation et le fonctionnement des êtres vivants sont en relations étroites avec la constitution et les propriétés des principes immédiats qui entrent dans la structure de leurs organes.* Chaque fois, en effet, qu'un organisme varie, la composition de ses principes spécifiques varie corrélativement; et réciproquement, chaque fois que, grâce à la nutrition, à l'influence des milieux, à la coalescence avec les espèces actuelles de certains principes fournis par des organismes étrangers, on parvient à faire varier la nature des entités chimiques qui composent un individu, on fait varier du même coup ses formes et ses fonctions, celles-ci n'étant que le résumé et comme l'écho lointain des fonctions chimiques de ses prin-

cipes immédiats intégrants. C'est ainsi que la vie générale est en relation avec le fonctionnement chimique des molécules dernières qui composent l'être tout entier. „ **A. Chatin** : Les Terfaz ou Kamés, espèce de Truffes, faciles à récolter, qui couvrent des espaces immenses en Asie et en Afrique, ont une importance alimentaire considérable; quoique moins azotés et moins phosphorés que la Truffe d'Europe, ils le sont beaucoup plus que la pomme de terre. **A. Gaudry** : On a pu reconstituer, en Amérique, les squelettes de quelques fossiles des Montagnes Rocheuses vraiment étranges : le *Brontosaurus,* Dinausaurien de 15 mètres de longueur, avec une tête relativement petite; l'*Atlantosaurus,* qui avait peut-être 24 mètres; le *Stegosaurus,* dont la queue était surmontée de fortes épines et dont la tête était aussi petite : l'encéphale avait, chez ce dernier, un volume moindre que la moelle épinière de la région sacrée. Ces animaux ont vécu à la fin du jurassique. Le *Triceratops,* de la fin du crétacé, avait trois cornes : une médiane formée par les os nasaux, et deux latérales placées au-dessus des yeux comme chez plusieurs Ruminants. Sa tête a plus de deux mètres de long. Un os, appelé le rostral par Marsh, est ajouté à l'intermaxillaire. Il devait avoir en avant un bec corné comme chez les Oiseaux, et, en arrière, des dents ainsi que la plupart des Reptiles; mais ces dents ont une double racine comme chez les Mammifères. Les os pariétaux et squameux du crâne sont amincis et se prolongent très loin pour former une sorte de capuchon au-dessous du cou, dont les premières vertèbres, sans doute immobilisées, se sont ankylosées. Les bords postérieurs du capuchon portent des épines. Marsh range les *Triceratops* parmi les Reptiles dinosauriens. **H. Gautier** et **G. Charpy** : La plupart des métaux, à l'exception de l'aluminium, sont à peine attaqués par le chlore et le brome secs, à la température ordinaire; le magnésium en particulier résiste complètement à leur action. En présence de l'eau, les halogènes ont, au contraire, une action rapide sur les métaux. **A. de Lapparent** fait connaître la chronologie des roches éruptives de Jersey. **Ch. de Stefani** : Les phénomènes volcaniques postérieurs à l'exhaussement de l'île de Sardaigne ont eu lieu dans les temps quaternaires les plus anciens ou dans les derniers âges du pliocène. Les cratères éteints ressemblent beaucoup à ceux de l'Auvergne.

N° 19. **Moissan** : Le triiodure de bore fournit à froid, au contact d'une solution sulfo-carbonique de phosphore, un phosphoiodure de bore $PBoI_2$. Ce composé, que l'on peut obtenir

cristallisé par volatilisation, donne, par réduction dans l'hydrogène, le phosphoiodure de bore PBoI et enfin le phosphure de bore PBo. En continuant à chauffer dans l'hydrogène, on enlève à ce composé, sous forme de vapeurs, une partie de son phosphore, et l'on obtient un nouveau phosphure P_3Bo_5. **R. Blondlot** est parvenu à déterminer expérimentalement la vitesse des ondes électromagnétiques, comme quotient de la longueur d'onde et de la période propre au résonateur employé. Comme moyenne de treize expériences où la longueur d'onde et la self-induction du circuit du résonateur ont varié du simple au quadruple, il a trouvé que les ondulations électriques ont une vitesse de propagation unique, indépendante de la longueur d'onde et voisine de 297 600 kilomètres par seconde. Ce nombre est, au degré d'approximation des expériences, égal à la vitesse de la lumière, et aussi au rapport des unités électromagnétique et électrostatique d'électricité comme l'indique la théorie de **Maxwell**. **P. Vuillemin.** L'*Ustilago antherarum* arrête le développement du pistil du *Lychnis dioica*, et fait subir une hypertrophie morbide aux rudiments des étamines, sans production de pollen. (N° 22. **A. Magnin** avait signalé l'hermaphroditisme apparent de cette plante, en faisant remarquer qu'il n'était pas réel.)

N° 20. **Tisserand** : Laplace a montré que la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre doit produire dans la longitude de la Lune un terme proportionnel au carré du temps, dont il estimait le coefficient à 10 secondes (le temps étant exprimé en siècles). Adams et Delaunay ont réduit ce coefficient à 6, 11 secondes. D'autre part, Airy a été amené, par la discussion des éclipses chronologiques, à conclure que le coefficient de l'accélération devrait être porté à 12 et même à 13 secondes, c'est-à-dire au double du chiffre d'Adams et de Delaunay. Pour expliquer la partie de l'accélération qui ne dépend pas de la diminution séculaire de l'excentricité de l'orbite terrestre, on a supposé qu'elle provenait d'une augmentation du jour sidéral causée elle-même par le frottement des marées contre la terre. Mais si le jour sidéral s'était allongé, la longitude de Mercure aurait varié de 15 secondes en deux siècles, ce qui semble contraire aux résultats de l'observation. Le jour sidéral semble donc invariable, soit que les marées produisent sur la terre des effets qui se compensent, soit que la contraction de la terre produite par son refroidissement séculaire diminue le jour sidéral d'à peu près autant que les marées l'augmentent. Quant au résultat d'Airy, sur la grandeur du coefficient de l'accélération séculaire

de la Lune, il doit peut-être être réduit d'un tiers (Newcomb) ou même de moitié. **E. Picard** indique une simplification de sa méthode de recherche du nombre des racines communes à plusieurs équations simultanées. **Berthelot** et **Matignon** ont étudié les chaleurs de formation de l'hydrazine N_2H_4 et de l'acide azothydrique N_3H découverts par Curtius. Le dernier de ces corps est un acide faible, à formation fortement endothermique, qui peut être regardé comme de l'ammoniaque où une molécule d'hydrogène a été remplacée par une molécule d'azote. C'est une diazoamine. L'hydrazine est un dérivé de l'ammoniaque où une molécule d'hydrogène a été remplacée par NH_3; c'est une base faible, à formation endothermique; mais l'hydroxylamine $NH.H_2O$, qui contient moins d'hydrogène, a un caractère endothermique plus prononcé, et elle peut donner l'hydrazine par une réaction exothermique. On peut observer que la chaleur absorbée est la plus forte possible dans le composé le plus riche en azote, c'est-à-dire, dans lequel cet élément est le plus éloigné de la saturation. On retrouve une progression semblable dans la série des acides oxygénés de l'azote et dans la série des combinaisons hydrogénées du carbone. " Le caractère de radical, apte à former les autres composés, appartient principalement au premier terme de la série des combinaisons, dans l'étude des combinaisons polyatomiques; il lui appartient même d'une façon plus caractérisée qu'à l'élément lui-même. Car, à partir de ce premier terme, tous les autres sont formés avec dégagement de chaleur, ce qui n'a pas toujours lieu à partir de l'élément lui-même. Ce n'est donc pas l'état moléculaire de l'élément libre qui répond à l'état moléculaire du même élément combiné; mais celui-ci doit éprouver d'abord un certain changement, une certaine accommodation pour pouvoir s'unir à l'élément antagoniste, et la réserve d'énergie, une fois constituée, se dépense suivant une progression normale, pour la suite des combinaisons ultérieures. **Berthelot** : Le nickel-carbonyle s'oxyde spontanément. **Le Dentu** a employé, avec succès, des fragments d'os empruntés à des animaux récemment tués (bœuf, veau, mouton, chevreau) et décalcifiés, pour remplacer chez l'homme des fragments d'os longs ou des os tout entiers. Ces os décalcifiés remplissent le rôle de soutiens temporaires, qui, avant leur disparition, laissent au périoste ou aux tissus osseux le temps de reconstituer un os nouveau. **A. Gouvel** : Le mode de fécondation ordinaire chez les Cirrhipèdes est la fécondation réciproque, sans copulation véritable, par simple rapprochement; il peut aussi y avoir autofécondation.

N° 21. **Berthelot** a trouvé, dans des manuscrits de la première moitié du moyen âge, la description de divers appareils mécaniques ou balistiques dont on ne fait pas d'ordinaire remonter l'invention aussi haut. Citons : un bateau à roues, un canon blindé, des canonnières armées de canons blindés, un moulin à poudre à pilons, un scaphandrier avec ses armatures, une ceinture de natation insufflée d'air, une arme à feu portative, etc. Deux de ces manuscrits se terminent par des figures semblables, représentant la terre entourée d'eau, avec le feu central. **H. Moissan** : Des deux phosphures de bore cristallisés, l'un PBo se combine avec incandescence à l'acide azotique monohydraté et s'enflamme à froid dans le chlore, tandis que l'autre $P_3 Bo_5$ possède une stabilité beaucoup plus grande et n'est pas décomposé à froid par ces deux réactions. **R. Lépine** et **Barrel** tirent les conclusions suivantes d'expériences faites sur des chiens : Une saignée provoque l'apparition d'une certaine quantité de glycogène dans le sang et l'augmentation de la destruction du sucre préexistant et du sucre formé aux dépens du glycogène. La ligature du canal de Wirsung est suivie d'une grande augmentation du pouvoir glycolytique du sang; il y a aussi augmentation du pouvoir saccharifiant du sang. La section des nerfs du pancréas produit des effets semblables. L'électrisation du bout inférieur des nerfs pancréatiques amène le diabète au bout de peu de temps. **A. Potier** est élu membre de l'Académie, en remplacement de feu Edm. Becquerel.

N° 22. **Chambrelent**. La Camargue a une étendue de 72 000 hectares; elle est comprise entre les deux bras du Rhône, qui ont respectivement 50 et 58 kilomètres, et le littoral de la mer, qui en a 40; on y trouve un immense étang, le Valcarès. Les terrains sont des alluvions fluviatiles qui ont été souvent recouvertes par les eaux de la Méditerranée que les vents surélèvent parfois de près de $1^m,50$. Pour mettre la Camargue en culture, on a endigué les trois côtés du Delta du Rhône; les eaux basses du Delta ont été recueillies dans des canaux qui les conduisent dans le Valcarès; celui-ci les déverse partiellement, par une écluse, dans la mer quand le niveau est inférieur à celui de l'étang. Des canaux d'irrigation venant du Rhône ont permis de créer dans la Camargue des vignobles à l'abri du phylloxera, et des prairies naturelles ou artificielles, de dessaler les parties trop pénétrées d'eau de mer; on cultive dans celles-ci le Salt-Bush australien dont les feuilles servent de pâture aux moutons. Enfin, des chemins de fer, qui seront bientôt achevés, vont per-

mettre d'exploiter les nouvelles productions du pays et d'y transporter les matériaux nécessaires à la construction des routes. **Heurtault** fait connaître les particularités des marées de Saint-Malo, qui sont beaucoup moins régulières que la théorie ne le ferait supposer. **A. Besson** avait trouvé le phosphure de bore PBo, en juillet dernier, et avait signalé l'existence probable d'un autre phosphure de bore (mais sans donner la composition exacte d'aucun des deux, dit **Moissan**, n° 24). **Th. Schloesing fils** et **Laurent** ont fait, sur la fixation de l'azote, des expériences très originales, d'où résultent les conclusions suivantes : Des plantes vertes inférieures (algues, mousses) peuvent emprunter de l'azote gazeux à l'atmosphère. Les sols nus, l'avoine, la moutarde, le cresson, la spergule n'ont point fixé d'azote libre en quantité mesurable, dans les conditions où les expériences ont été faites; au contraire, les pois ont fait de larges emprunts à l'azote atmosphérique. **V. Marcano** et **A. Muntz** : L'air de Caracas (Venezuela) contient moins d'ammoniaque gazeuse que celui des régions tempérées, mais il contient plus de nitrates d'ammoniaque, sous forme de poussières cristallines.

N° 23. **Albert-Levy**. La quantité moyenne d'ammoniaque contenue dans l'eau des pluies observées depuis longtemps à Montsouris est supérieure à celle qui a été trouvée à Caracas. **N. Wedensky** : Ce sont les terminaisons nerveuses, et non pas les fibres musculaires, qui passent à l'état d'inhibition quand des excitations fréquentes et fortes sont portées sur l'appareil neuro-musculaire. L'action inhibitoire du nerf doit être considérée comme un vrai équivalent physiologique de l'empoisonnement par le curare, c'est-à-dire comme un procédé aboutissant à la suspension des propriétés fonctionnelles des terminaisons nerveuses et mettant ainsi le tissu musculaire à l'abri des excitations portées par les fibres nerveuses. **G. Pouchet** et **H. Beauregard** : Depuis juillet 1879 jusque octobre 1891, il y a eu, sur la côte française, vingt-neuf échouements de grands cétacés, dont six sur les côtes de Provence, deux sur la côte algérienne, vingt et un sur la côte océanique. Celle-ci ne forme que le huitième de la côte européenne, de Gibraltar au cap Nord.

N° 24. **Arm. Gauthier** et **R. Drouin** ont attiré les premiers, dès 1888, l'attention sur l'importance du rôle que jouent les algues superficielles dans le phénomène de la végétation et de l'emmagasinement de l'azote; ils ont aussi démontré que les sols pourvus de matière organique, et ceux-là seulement,

fixent l'azote libre ou ammoniacal de l'atmosphère, même en l'absence des plantes, et la matière organique qui existe dans tout sol arable est l'intermédiaire indispensable de cette fixation d'azote. Mais ils reconnaissent que c'est à MM. Schoering fils et Laurent qu'est due la preuve complète de la fixation de l'azote libre par le sol et les végétaux. **Lecoq de Boisbaudran**, dès 1866, avait énoncé cette remarque que la sursaturation est un fait général, indispensable à la cristallisation et accompagnant tous les changements d'états. **Poincaré** vient de publier deux ouvrages intitulés, l'un : *Thermodynamique*, et l'autre : *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* (tome premier). **D. Berthelot** : Les phosphates monobasiques ou bibasiques des trois alcalis (potasse, soude, ammoniaque) sont stables en dissolution même très étendue ; les phosphates tribasiques des mêmes bases sont au contraire presque entièrement dissociés dans les solutions étendues. Le contraire se présente pour les sels des acides tribasiques vrais (aconitique, citrique, etc.). **F. Regnault** : Chez beaucoup d'Indous, le pied sert, dans le travail, d'organe préhensile ; c'est un *pied-pince*, mais ce n'est pas un *pied-main* ; le gros orteil n'est pas opposable aux autres, cela rendrait d'ailleurs la marche laborieuse et difficile. **De Quatrefages** : « Après ces constatations précises, faites par un observateur bien compétent et lui-même transformiste, il sera évident, pour tout esprit non prévenu, que les partisans de l'origine simienne de l'homme doivent chercher ailleurs des arguments en faveur de leur hypothèse. »

N° 25. **Violle** a obtenu l'un des prix de l'Académie, pour ses travaux de physique, en particulier pour ses recherches sur la constante solaire. D'après lui, la température de la surface solaire ne doit pas beaucoup dépasser 2000 degrés. **Cheysson et Toqué** ont eu un prix de statistique pour leur ouvrage : *Les budgets comparés de cent monographies de famille* ; **Gley**, un prix de physiologie, pour avoir établi que la glande thyroïde a pour fonction de détruire ou de transformer une puissance toxique existant dans le sang. Le prix Cuvier a été donné au **Geological Survey** des États-Unis, pour l'ensemble de ses travaux. Parmi les plus considérables, il faut citer les découvertes paléontologiques faites dans les Montagnes Rocheuses. L'emplacement de celles-ci est resté à l'état de continent pendant la plus grande partie des temps secondaires, tertiaires et quaternaires. Sur ce vaste continent, les quadrupèdes ont pu se développer longuement, librement, sans que rien interrompît leur évolution,

et ainsi ils sont devenus nombreux, gigantesques, parfois étranges.

N° 26. **L. Kronecker** résume sa méthode de détermination du nombre des racines communes à plusieurs équations. **E. Picard** signale la simplification qu'il a introduite dans cette méthode, par l'emploi d'une équation supplémentaire. **Stas**, auteur de recherches classiques sur les équivalents chimiques, né à Louvain le 21 août 1813, est mort le 13 décembre 1891, à Bruxelles. **A. Cayley** vient de publier le quatrième tome de ses Mémoires mathématiques. On vient aussi de faire paraître le tome IV des œuvres de **Ch. Huygens**. **Th. Schloesing fils** et **E. Laurent** font observer que MM. A. Gautier et Drouin ont rejeté, comme une hypothèse non nécessaire, la fixation de l'azote libre par les plantes vertes inférieures. **G. Bonnier** : Au point de vue physiologique, les plantes parasites à chlorophylle présentent tous les intermédiaires entre la plante qui se nourrit presque exclusivement des substances prises dans l'hôte qu'elle attaque et une plante qui assimile presque exclusivement par elle-même ; il peut y avoir échange réciproque de substances assimilées entre l'hôte et son parasite.

P. Mansion.

UNE RECTIFICATION

Dans notre mémoire intitulé : *L'Assyriologie depuis onze ans* (1), nous avons parlé, d'après des renseignements incomplets, comme nous avons eu soin de le dire, d'une nouvelle école d'assyriologie fondée en Amérique par le Dr P. Haupt, professeur à la Johns Hopkins University à Baltimore, « école qui poussera bientôt une branche à l'université de Philadelphie, en Pensylvanie. »

Ce passage renferme des erreurs involontaires que nous tenons à rectifier dans l'intérêt de la vérité, et aussi par égard pour un désir légitime qu'on nous a exprimé dans les meilleurs termes.

Premièrement, au lieu d'*Université de Philadelphie*, nous aurions dû dire *Université de Pensylvanie ;* car *University of Pennsylvania* est le vrai titre de cet établissement, et ceux que la chose concerne tiennent exclusivement à ce titre pour des motifs sérieux, dont l'exposé nous entraînerait trop loin.

Deuxièmement, il n'y a aucun lien, au point de vue du développement des études assyriennes, entre la Johns Hopkins University et l'University of Pennsylvania. Le Dr H. V. Hilprecht, premier titulaire de la chaire d'assyriologie à l'University of Pennsylvania, s'est formé sous le Dr Fried. Delitzsch à Leipzig et n'a jamais rien eu de commun avec l'école de Baltimore.

On nous écrit à ce propos que les fouilles entreprises en Babylonie, avec des subsides recueillis à Philadelphie, en faveur du musée archéologique de l'University of Pennsylvania, ont été couronnées d'un plein succès. De neuf à dix mille inscriptions cunéiformes, gravées sur pierre ou sur argile, et appartenant à toutes les époques depuis les temps les plus reculés jusqu'à la période persane, beaucoup de vases, quantité d'objets en argile, bronze, argent et or, environ cinq cents cachets antiques, ont été exhumés du sol babylonien et sont arrivés sans encombre à Philadelphie. Le Dr H. V. Hilprecht, à l'initiative duquel est due la fondation du musée et qui a pris part à l'expédition scientifique en Babylonie, est occupé à ranger ces trésors. Il transcrit les inscriptions, et en publiera sous peu le premier fascicule.

A. J. Delattre, S. J.

(1) *Revue des questions scientifiques*, tomes XXVI-XIX.

Bruxelles. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

TEMPÉRATURE ET THERMOMÈTRES

On lit dans la plupart des traités de physique : « la température est une grandeur qui représente l'état d'échauffement d'un corps; on la mesure à l'aide du thermomètre. »

La première partie de cette définition n'ajoute rien à l'idée plus ou moins vague que chacun se fait de la température ; la seconde dit en français ce que le nom de l'instrument dit en grec. Toutes deux ont besoin de commentaires souvent écourtés dans une étude faite trop rapidement. Nous voudrions essayer de les présenter sous une forme très simple et dégagée de tout appareil savant.

Suivant les circonstances où nous nous trouvons placés, sous le coup ou à l'abri d'une *source de chaleur*, telle que le soleil, un foyer en activité, nous éprouvons des sensations que nous appelons sensation de chaleur, et sensation de froid.

Où finit le froid ? où commence le chaud ? La limite qui les sépare n'est point fixe ; elle ne pourrait le devenir qu'à la suite d'une convention arbitraire. En réalité, le froid n'est qu'une manière d'être relative de la chaleur : son

domaine varie au gré des circonstances et des caprices de nos sensations. Le temps de dégel succédant aux jours glacés d'un hiver rigoureux nous paraît une douce chaleur; nous le qualifierions certainement de froid insupportable s'il se mêlait subitement aux ardeurs d'un été brûlant.

Les corps bruts subissent également l'action de la chaleur, c'est-à-dire qu'ils acquièrent la propriété de produire en nous, soit au contact, soit à distance, des sensations semblables à celles que nous font éprouver les sources de chaleur; ils deviennent dès lors capables d'échauffer à leur tour, par leur présence, les corps voisins moins chauds, jusqu'à les rendre aussi chauds qu'eux-mêmes. Toutefois, en jouant le rôle de sources de chaleur, ces réservoirs de chaleur se vident; et une observation attentive permet de constater que leur refroidissement est souvent hors de proportion avec l'échauffement qu'ils produisent. Une lame de plomb brûlant, plongée dans un vase contenant un poids d'eau froide égal au sien, l'échauffe en se refroidissant. Au bout d'un certain temps, l'eau et la lame font sur nous la même impression de chaleur; mais cette impression est bien plus voisine de celle que produisait l'eau avant son échauffement, que de celle qu'eût produite le plomb avant son refroidissement.

La chaleur passe donc d'un corps plus chaud à un corps voisin moins chaud, comme un liquide passe d'un vase plus plein à un vase communiquant moins plein. Au bout d'un certain temps, l'égalité des niveaux calorifiques s'établit entre les deux corps, comme s'établit l'égalité des niveaux du liquide dans les deux vases. Cette situation d'équilibre ne suppose nullement que le niveau calorifique du corps plus chaud se soit abaissé autant, ni plus ni moins, que s'est élevé le niveau calorifique du corps moins chaud : ce n'est là qu'un cas très particulier, ayant pour analogue, en hydrostatique, celui de deux vases communiquants identiques. Le cas général, celui que présentent

le plomb et l'eau dans l'expérience que nous venons de rappeler, a pour image se qui se passe entre deux vases communiquants de formes différentes : le niveau change relativement peu dans le vase large, et beaucoup plus dans le vase étroit.

Cette analogie qui nous représente les corps, au point de vue de leur capacité calorifique, sous l'aspect de vases de formes variées, nous sera souvent utile. Dès maintenant, elle nous permet d'insister sur une distinction importante. Le liquide que l'on verse, en *quantités égales*, dans des vases différents, y monte à des *niveaux inégaux;* et c'est par l'aspect de ces niveaux que nous jugeons quels sont, parmi ces vases, ceux qui sont relativement les plus pleins. De même, en communiquant à différents corps une même quantité de chaleur, celle qui provient, par exemple, de la combustion d'un kilogramme de charbon dans des conditions identiques, nous pourrons constater que les niveaux calorifiques s'y élèvent à des hauteurs inégales ; et c'est par l'impression qu'ils produisent sur nous que nous jugerons quels sont, parmi ces corps, ceux qui sont relativement les plus chauds. Le tact ne nous apprend pas autre chose ; il ne nous donne aucun renseignement immédiat ni sur la capacité calorifique des corps, ni sur la quantité de chaleur qu'on a dû leur communiquer pour les élever à l'état thermique auquel ils se trouvent.

Il n'y a dans tout ceci, évidemment, qu'un rapprochement purement symbolique, et rien qui préjuge la nature de la chaleur. C'est une comparaison très certainement boiteuse, comme toutes les comparaisons. Mais ce n'est point un motif pour refuser de s'en servir : il suffit de ne pas en exagérer l'application.

Ainsi quand nous rapprochons le passage de la chaleur d'un corps plus chaud à un corps voisin moins chaud, du passage d'un liquide d'un vase plus plein à un vase communiquant moins plein, nous n'affirmons pas que le transport de chaleur se fasse uniquement du corps plus chaud

au corps moins chaud, comme le transport du liquide du vase plus plein au vase moins plein. Tout ce que l'expérience nous apprend, c'est que la quantité de chaleur qui passe du corps plus chaud au corps moins chaud est invariablement plus grande que la quantité de chaleur, si elle n'est pas nulle, qui passe du corps moins chaud au corps plus chaud ; et que, en définitive, l'égalité des niveaux calorifiques s'établit entre eux comme l'égalité des niveaux du liquide s'établit dans les deux vases. Cela suffit pour justifier le rapprochement ; mais il ne faut pas lui demander davantage.

L'intensité des sensations de chaud et de froid est susceptible de degrés. Les mots *glacial, froid, frais, tiède, chaud, brûlant*, que nous avons déjà employés, éveillent en nous l'idée d'une série de sensations correspondant à une série d'états thermiques des corps.

Un même corps peut rester froid, tiède, chaud, pendant un certain temps ; il peut aussi changer d'état thermique sans que ses propriétés, et en particulier sa nature, soient sensiblement modifiées.

Enfin, des corps très différents peuvent se manifester à nous comme également chauds ; et des corps identiques, voire même des parties d'un même corps, peuvent produire en nous des sensations de chaleur manifestement différentes.

Tels sont les caractères immédiats que l'observation vulgaire nous fait découvrir dans la notion de chaud. Ils nous amènent à considérer l'objet de cette notion comme une *qualité* que les différents corps, ou les différentes parties d'un même corps, peuvent posséder, suivant les circonstances, à des degrés variables, plutôt que comme une *quantité* directement mesurable, et susceptible, par suite, d'être soumise, avec des quantités de même espèce, aux opérations de l'arithmétique. En un mot, il en est de l'état thermique d'un corps, comme de l'état de plénitude

d'un vase : nous ne concevons pas plus qu'on puisse ajouter ou retrancher le *chaud* des corps, que nous ne concevons qu'on puisse ajouter ou retrancher le *plein* des vases.

Aussi longtemps que nous nous en tenons à ces caractères immédiats connus de tout le monde, nous pouvons, avec tout le monde, comparer à l'aide du tact l'état thermique de deux corps, comme nous comparons, d'un coup d'œil, la plénitude relative de deux vases. Dans bien des cas, nous aboutirons à une conclusion, et nous déclarerons, sans hésiter, que tel corps est plus chaud que tel autre. Ce jugement n'a pas la précision d'un calcul mathématique ; ce n'est pas le résultat d'une soustraction dont les mesures des états thermiques des deux corps seraient les éléments : c'est un fait évident que nous acceptons sur le témoignage de nos sens. La différence entre les impressions que nous causent deux corps chauds peut, en effet, être énorme ; cela n'est pas toujours nécessaire pour que nous la percevions sûrement ; mais il est certain qu'elle nous échappera souvent bien avant de s'effacer complètement. Devant une nuance, nous hésitons; nous hésitons surtout quand un temps, même très court, a passé sur une des deux sensations que nous prétendons rapprocher, et n'en a laissé dans notre souvenir qu'une trace confuse.

Si le tact nous fournit la notion du chaud, s'il nous fait découvrir les propriétés essentielles les plus simples de cette notion, il ne nous est donc que d'un secours très insuffisant quand il s'agit de comparer les qualités thermiques des corps. Les renseignements qu'il nous donne manquent de précision ; il n'est pas rare que nous les interprétions mal ; et souvent le temps les emporte avant que nous ayons pu les utiliser. Dans de telles conditions, il est bien évident qu'il faut renoncer à l'espoir de constituer une théorie quelconque de la chaleur : nous n'arriverons pas à fixer les rapports des phénomènes thermiques entre eux; dès lors les lois même les plus élémen-

taires qui régissent ces phénomènes nous resteront très probablement inconnues, et nous en serons réduits à ignorer la nature ou à nous laisser entraîner à la deviner.

Ce fut le sort des anciens. Ils renfermèrent l'étude de la chaleur dans le domaine des sensations causées par le contact ou la présence des corps chauds ; c'est à peine s'ils sortirent de ces limites pour recueillir, au hasard des circonstances, quelques données empiriques sur les phénomènes journaliers de la combustion, de la fusion, de la congélation, de l'ébullition et du développement de la chaleur par le frottement. Puis, bien moins préoccupés d'interroger la nature que d'imaginer des hypothèses arbitraires pour combler les vides de leurs connaissances expérimentales, ils se hâtèrent de discourir sur le chaud et le froid, longuement et fort inutilement, puisqu'ils ne combinaient dans leurs raisonnements que des données souvent imaginaires et toujours très incertaines. Ils perdirent ainsi un temps précieux que l'on ne songeait pas alors à donner à l'observation et à l'expérimentation.

Les physiciens modernes s'y prirent autrement. Leur premier soin fut de chercher à déterminer d'une manière précise la nature et l'étendue des effets de la chaleur, en un mot de les *mesurer*. Il fallait pour cela définir d'abord nettement l'état thermique des corps en le rattachant à une grandeur mesurable ; puis créer un système de mesures convenables, fixe et pratique.

Pour définir l'état thermique des corps en le rattachant à une grandeur mesurable, on fit correspondre à leur *qualité* d'être plus ou moins chauds, une *quantité* dont les propriétés mathématiques les plus simples devaient représenter les caractères essentiels de cette qualité. On appela cette quantité la *température*. Nous avons déjà employé ce symbole, mais sous un autre nom, quand, pour comparer la qualité d'un corps plus ou moins chaud à la qualité d'un vase plus ou moins plein, nous avons fait correspondre à ces qualités les quantités que nous avons

appelées *le niveau du liquide* dans le vase et *le niveau calorifique* du corps : la température et le niveau calorifique sont un seul et même symbole.

Les caractères essentiels de la notion de chaud imposent à la température qui doit la représenter les propriétés suivantes :

Elle reste constante, pour un corps donné, aussi longtemps que l'état thermique de ce corps reste invariable;

Elle croît quand le corps s'échauffe, décroît quand il se refroidit, repasse par la même valeur chaque fois que le corps reprend le même état thermique; la loi qui relie ces variations de la *température* aux *quantités de chaleur* que le corps gagne ou perd n'est pas nécessairement la loi de proportionnalité, mais une fonction inconnue *à priori* de la capacité calorifique du corps;

Elle a la même valeur pour deux corps également chauds;

Elle a des valeurs différentes pour deux corps inégalement chauds, la plus grande représentant l'état thermique du corps le plus chaud.

Toutes ces propriétés conviennent également au niveau d'un liquide dans un vase si l'on veut lui faire représenter la qualité du vase d'être plus ou moins plein. Elles servent uniquement à définir la grandeur symbolique dont on prétend faire usage, et font complètement abstraction de la réalité que ce symbole recouvre.

Après avoir fait correspondre à la qualité thermique des corps une quantité qui la représente, les physiciens ont imaginé divers systèmes de mesures thermiques permettant d'exprimer numériquement, et en toutes circonstances, la valeur de cette quantité.

A la base de tout système métrique se trouve toujours un certain nombre de conventions arbitraires. Quand il s'agit de grandeurs que l'expérience nous met directement sous les yeux et que nous percevons nettement comme pouvant s'ajouter par simple juxtaposition, telles que le

volume et le poids des corps, une seule convention est nécessaire : le choix d'une unité parmi les grandeurs de même espèce. Mais quand il s'agit de grandeurs symboliques, intangibles pour ainsi dire, dont la nature nous échappe et qu'il nous est impossible dès lors de concevoir comme des multiples d'une unité de même espèce, nous sommes obligés de ramener leur mesure à celle d'autres grandeurs, directement accessibles à l'observation, et dont la mesure puisse servir à fixer celle des premières. Supposons, par exemple, qu'après avoir fait correspondre à la qualité d'un vase d'être plus ou moins plein, la quantité que nous avons appelée le niveau du liquide dans le vase, nous voulions mesurer ce niveau dans un système de vases clos et à parois opaques. Toute mesure directe serait impossible, et nous serions forcés de la rattacher à celle d'une autre grandeur observable, dépendant du niveau : ce serait, par exemple, la *pression* exercée par le liquide sur l'unité de surface de la base horizontale du vase. Il nous resterait alors à créer un système métrique des pressions. Telle est notre situation vis-à-vis de la température des corps.

Quatre conventions distinctes, au lieu d'une, deviennent nécessaires. Parmi les effets que l'expérience nous fait découvrir comme dépendant uniquement de la température, il faut choisir un *phénomène thermométrique*. Il faut ensuite choisir une *substance thermométrique* sur laquelle nous mesurerons les éléments de ce phénomène. Il faut encore choisir le point de départ ou l'*origine* à laquelle nous rapporterons ces mesures. Il faut enfin choisir l'*unité* qui nous servira de terme de comparaison. Tous ces choix sont arbitraires, mais ils ne sont pas indifférents.

Les phénomènes qui dépendent de l'état thermique des corps et, par suite, de la température qui le représente, sont nombreux et variés. La chaleur détruit, dilate, fond, vaporise, travaille, dissocie, fait naître des courants et des résistances électriques, rend les corps incandescents,

modifie les propriétés optiques des corps transparents, etc. Parmi tous ces effets divers, lequel choisirons-nous comme *phénomène thermométrique?*

Évidemment nous ne nous adresserons pas aux effets destructeurs de la chaleur : l'altération qui en résulte dans la constitution des corps exclut toute idée de comparaison. Ce qu'il nous faut, c'est un phénomène calme, s'exerçant sans violence apparente sur les corps, les modifiant d'une façon nettement sensible, mais sans changer leur nature intime, quel que soit le nombre de ces variations passagères auxquelles ils seront soumis, et surtout suivant dans toutes ses allures la marche de la température.

Or, parmi les phénomènes thermiques que nous venons d'énumérer, il en est un dont la température est la cause principale et qui remplit mieux que les autres toutes ces conditions : c'est la *dilatation.*

Comment le savons-nous ?

Évidemment l'observation et l'expérience seules ont pu nous l'apprendre. Le choix de la dilatation comme phénomène thermométrique, le choix de la substance sur laquelle on suivra ce phénomène, et le mode de correspondance que l'on établira, par le choix d'une origine et d'une unité convenables, entre les variations de volume du corps thermométrique et celui de sa température, supposent donc une connaissance préalable des causes qui peuvent modifier le volume d'un corps, une observation attentive et des expériences suffisamment nombreuses et précises sur la dilatation elle-même.

A première vue, la nécessité de ce travail préliminaire semble nous enfermer dans un cercle vicieux : l'établissement d'un système de mesures thermiques fondé sur la dilatation présuppose l'étude expérimentale de la dilatation. Mais comment faire cette étude avant d'avoir établi un système de mesures thermiques ? — La réponse est facile ; elle ne laissse pas cependant d'embarrasser parfois ; on nous

permettra donc de l'énoncer : les expériences présupposées doivent être purement *qualitatives* et non *quantitatives*. Ce qu'il faut avoir étudié, c'est le *fait*, l'allure générale de la dilatation des différentes substances ; et cette étude n'exige pas que l'on dispose d'un système de mesures thermiques. Ce système ne devient indispensable que quand il s'agit d'établir les *lois* précises qui rattachent la dilatation à la température. Toutefois, il est certain que les expériences quantitatives touchant la dilatation, les chaleurs spécifiques, etc., rendues possibles par l'établissement d'un *système provisoire* de mesures thermiques, peuvent amener, et ont amené de fait les physiciens à modifier le choix primitif de la substance thermométrique, de l'échelle et de l'unité de mesure.

Choisissons donc, au moins provisoirement, une substance thermométrique.

Des expériences purement qualitatives nous apprennent que le volume d'un corps dépend, en général, de la pression extérieure qu'il supporte et de sa température. L'influence de faibles variations de pression sur le volume des solides et des liquides est peu considérable, sans être toujours négligeable ; elle ne l'est jamais quand il s'agit d'un gaz. Écartons donc cette cause perturbatrice, et choisissons des conditions expérimentales qui nous permettent d'étudier les *variations du volume des corps sous pression constante*.

Nous constaterons que la plupart d'entre eux, quel que soit leur état physique, se dilatent quand on les échauffe et se contractent quand on les refroidit. Il suffit, pour *voir* qu'il en est ainsi, de disposer l'expérience de manière à pouvoir suivre, d'une façon incessante, les variations de volume du corps soumis ou soustrait à l'action de la chaleur.

Les *solides* se dilatent et se contractent très peu. Pour rendre sensibles les changements qu'éprouve leur volume, il faut les agrandir artificiellement au risque de les altérer beaucoup, ce qui rend l'observation toujours difficile et

généralement très incertaine. Les solides ne peuvent donc nous fournir que des substances thermométriques paresseuses et peu maniables ; laissons-les.

Les expériences quantitatives, disons-le de suite, relatives à la dilatation des solides, ne font qu'ajouter aux motifs qui nous ont conduits à cette conclusion. Elles nous montrent, en effet, que les échantillons d'un même corps, de provenances diverses, se dilatent très inégalement ; que les métaux voient leur dilatation complètement modifiée quand on les travaille de façons différentes ; et que la plupart des solides subissent et gardent longtemps, à la suite d'une élévation de température, des modifications très irrégulières dans la marche de leur dilatation, en sorte que leur volume actuel ne dépend pas seulement de leur température présente, mais de celles qui l'ont précédée.

Les *liquides* se dilatent beaucoup plus que les solides. L'eau fut, à l'origine, mais pendant peu de temps, employée comme substance thermométrique. Sa congélation trop prompte et les inconvénients qui s'ensuivent la firent abandonner. On lui substitua l'alcool. Les expériences quantitatives ont montré plus tard que l'eau présente d'ailleurs une anomalie singulière qui la rend impropre à fournir une bonne substance thermométrique. Prenons-la au moment où la fusion de la glace nous la fournit : elle se contracte d'abord quand on l'échauffe ; son volume passe par un minimum, et croît ensuite constamment avec la température. Il en est de même de tous les corps qui présentent un maximum de densité : *ils se retrouvent sous le même volume à deux températures différentes.*

Écartons-les pour ne conserver comme substances thermométriques possibles, parmi les liquides, que ceux qu'un échauffement dilate toujours, et qu'un refroidissement contracte invariablement. Le mercure est dans ce cas. D'autre part, on peut l'obtenir très pur et le reproduire à volonté dans cet état ; il se congèle bien plus difficile-

ment que l'eau et entre bien plus tard qu'elle en ébullition. Il semble donc qu'il réalise une substance thermométrique très convenable. Nous verrons plus tard que les expériences quantitatives lui ont reconnu d'autres qualités également avantageuses.

Malheureusement, il est pratiquement impossible d'observer la dilatation absolue des liquides. La nécessité de les conserver dans des vases solides, qu'on ne peut soustraire aux effets des variations de la température, rend leur dilatation apparente seule directement observable, et introduit, par conséquent, dans ces observations, toutes les irrégularités de la dilatation des solides. Il est vrai que l'influence de ces irrégularités est singulièrement amoindrie par la prépondérance de la dilatation du liquide sur celle du vase; mais l'expérience seule pourra nous dire si elle est négligeable, ou si on peut s'en débarrasser par des corrections convenables.

Enfin les *gaz* se dilatent plus encore que les liquides ; ils peuvent donc nous fournir des substances thermométriques très sensibles. On ne peut, il est vrai, pour les gaz comme pour les liquides, observer directement que leur dilatation apparente; mais les inconvénients qui peuvent en résulter seront certainement beaucoup diminués, grâce à la dilatation excessive des gaz vis-à-vis de celle de l'enveloppe.

Toutefois à ces avantages s'associe une difficulté pratique sérieuse. Le volume d'un gaz varie beaucoup avec la pression; on pressent que la nécessité de veiller à ce qu'aucune variation de pression, même très petite, ne vienne mêler son action à celle des variations de la température et jeter le trouble dans les observations, exigera l'emploi d'appareils compliqués et rendra l'emploi des gaz fort peu commode.

Le choix de la substance thermométrique est donc restreint aux liquides et aux gaz. *A priori*, aucune considération *théorique* n'impose rigoureusement ceux-ci plutôt

que ceux-là ; c'est par des considérations d'*ordre pratique* que nous devons nous laisser guider dans notre choix. Si nous cherchons la commodité avant tout, c'est aux liquides qu'il faut nous adresser. Si nous désirons, au contraire, ce qui est plus scientifique, une sensibilité plus grande et surtout des chances mieux fondées de réaliser des instruments comparables, les gaz semblent incontestablement préférables. Quel que soit d'ailleurs notre choix, les principes qui doivent nous servir à achever d'établir un système de mesures thermiques restent les mêmes, et leur application ne varie pas.

Choisissons le mercure.

Enfermons une certaine quantité de mercure bien pur dans un vase de verre de forme telle que nous puissions suivre aisément les moindres variations du volume apparent du liquide : ce sera un *réservoir* surmonté d'un tube très étroit que nous appelerons *tige*, et sur laquelle nous supposerons qu'on a gravé une *graduation quelconque*. Nous nommerons l'instrument tout entier un *thermomètre*. Ce nom est un peu prétentieux, mais le thermomètre est en germe dans l'instrument primitif que nous venons de décrire, et il est inutile de compliquer notre terminologie.

Rappelons-nous qu'à la qualité des corps d'être plus ou moins chauds, nous avons fait correspondre une quantité symbolique, la température ; qu'à la température nous avons rattaché le phénomène de la dilatation qui en dépend, et que nous venons de réaliser un instrument qui nous permet de suivre les variations du volume apparent du mercure dans le verre sous l'action des changements de température.

Complétons d'abord et précisons, pour le thermomètre lui-même, la définition des propriétés essentielles que nous avons données déjà, par convention, à la température :

La température du thermomètre reste constante, aussi longtemps que le volume apparent du mercure dans le verre reste invariable ;

Elle croît quand ce volume augmente, décroît quand il diminue, repasse par la même valeur chaque fois que le mercure reprend le même volume apparent. Ainsi un coup d'œil jeté sur le thermomètre nous dira si sa température est constante, ou si elle varie et comment elle varie; en outre, la comparaison de ses indications, à deux instants différents, nous dira s'il a eu, à ces deux instants, la même température ou des températures différentes et dans quel sens. Toutefois ce dernier point contient plus qu'une convention que l'étude qualitative de la dilatation du mercure rend légitime : il s'appuie sur une hypothèse qu'il importe de pas perdre de vue. Pour pouvoir tirer une conclusion certaine de la comparaison de deux indications du thermomètre se rapportant à des époques ou à des circonstances différentes, il faut, en effet, que le thermomètre reste comparable à lui-même : *nous le supposons*. Or cette hypothèse n'est pas justifiée *à priori;* elle nous impose donc de créer un système quelconque de contrôle qui nous permette de constater que le temps et l'usage n'ont point faussé l'instrument. Nous le ferons tantôt; mais auparavant il fallait au moins en sentir la nécessité.

Une nouvelle convention va nous permettre de définir, à l'aide du thermomètre, la constance ou la variation de la température du milieu dans lequel il se trouve plongé ou d'une substance quelconque en présence de laquelle il se trouve placé :

Si, pendant un certain temps, le volume apparent du mercure dans le thermomètre plongé dans un milieu ou mis en présence, au contact ou à distance, d'un corps quelconque A, ne varie pas, nous dirons que, pendant tout ce temps, la température du milieu ou celle du corps A sont restées constantes comme celle du thermomètre, et que le milieu ou le corps A et le thermomètre ont des températures égales;

Si, au contraire, le thermomètre se comporte dans ce

milieu, ou vis-à-vis de ce corps, comme il se comporterait vis-à-vis d'une source de chaleur, c'est-à-dire si le volume apparent du mercure augmente, nous dirons que la température du milieu ou celle du corps A est plus élevée que celle du thermomètre; et complétant cette convention, si dans les mêmes conditions le volume apparent du mercure diminue, nous dirons que la température du milieu ou celle du corps A était plus basse que celle du thermomètre.

Les faits expérimentaux que nous avons rappelés en commençant justifient ces conventions. Elles appellent cependant une remarque importante.

Supposons, pour fixer les idées, que nous plongions le thermomètre dans de l'eau plus chaude que lui. Au début de l'expérience le volume apparent du mercure augmente : le thermomètre s'échauffe donc ; mais bientôt le volume se fixe : la température du thermomètre devient constante et égale, de par notre première convention, à celle de l'eau. Ainsi l'eau, plus chaude au début que le thermomètre, a échauffé celui-ci, et l'égalité des températures a fini par s'établir.

Or, que la chaleur soit une substance ou une forme de l'énergie, il faut admettre que l'eau, en échauffant le thermomètre, s'est refroidie. C'est sa température finale, sa *température amoindrie* qui est égale à celle du thermomètre au moment où l'indication de celui-ci cesse de varier. Quel que soit l'usage que nous puissions faire de cette indication, pour repérer ou mesurer la température primitive de l'eau, le thermomètre ne nous permet d'apprécier cette température qu'*en la modifiant*. On conçoit dès lors la nécessité de choisir une substance thermométrique capable de se mettre rapidement en équilibre de température avec les corps voisins, et sans exiger d'eux une dépense exagérée de chaleur. En d'autres termes, la substance thermométrique doit être bon conducteur de la chaleur, son coefficient de chaleur spécifique doit être très

faible, et il faut en enfermer dans le thermomètre la plus petite quantité exigée par l'emploi qu'on veut en faire. Cette remarque justifie ce que nous avons dit plus haut, que le choix *définitif* d'une substance thermométrique suppose des expériences quantitatives s'étendant à la plupart des phénomènes thermiques. Ajoutons que ces expériences justifient complètement le choix du mercure.

S'il était nécessaire d'insister pour mettre tout ceci plus en lumière, il suffirait de recourir à l'analogie que nous a fournie l'hydrostatique. Un vase à parois opaques est plus ou moins rempli; je voudrais juger de son plein en appréciant la hauteur à laquelle s'élève le niveau du liquide, et pour cela je mets ce vase en communication avec un autre vase à parois transparentes. Si celui-ci, au début, est moins plein que le premier, le liquide y affluera, et l'égalité des niveaux ne s'établira qu'en appauvrissant le vase opaque. Ce que le vase mesureur indiquera à la fin de l'expérience, ce sera le *niveau diminué* du liquide dans le vase opaque. Cette diminution sera d'autant plus grande que la capacité du vase mesureur sera plus considérable; pour arriver à la rendre très petite, il n'y a qu'une voie à suivre : choisir un vase mesureur de faible capacité, un tube très étroit, où le niveau du liquide atteindra rapidement et à peu de frais son niveau fixe. L'application se fait d'elle-même.

Il nous reste à définir l'égalité et l'inégalité des températures de deux corps quelconques A et B à l'aide du thermomètre.

Plaçons-le successivement en présence de ces deux corps, et soient v et v' les volumes apparents du mercure à la fin de la première et de la seconde expérience. Deux cas peuvent se présenter : les volumes v et v' sont ou ne sont pas égaux. Il nous suffira d'étudier le premier.

Nos conventions nous imposent la conclusion suivante : la température du thermomètre, à la fin de chacune de ces expériences, est la même et égale à la température

finale du corps A et à la température finale du corps B. Pouvons-nous aller plus loin et ajouter : donc la température finale du corps A est égale à la température finale du corps B ?

La question paraît oiseuse. Deux quantités égales à une même troisième ne sont-elles pas égales entre elles ? — Le principe est évident ; nos définitions antérieures rendent son application légitime ; l'égalité des températures de A et de B est donc une *conséquence* nécessaire de nos conventions.

Fort bien ; mais s'ensuit-il qu'il faille accepter cette conséquence sans contrôle ? Nullement. Le corps A et le corps B, mis successivement en présence du thermomètre, ne l'échauffent ni ne le refroidissent. Voilà le fait expérimental. Doit-on en conclure que le corps A mis en présence du corps B ne l'échauffera, ni ne le refroidira ? Nos conventions disent oui ; mais si l'expérience disait non ? Pourquoi ne le pourrait-elle pas ? Les conventions qu'il nous plaît de faire régissent nos idées, elles n'enchaînent pas les faits ; et ce n'est pas chose inouïe en physique que l'observation niant une conséquence de définitions et de conventions suggérées par des expériences purement qualitatives. Quand cela se présente, il n'y a qu'un parti à prendre : respecter les faits et modifier les conventions. Ici le contrôle expérimental peut être rendu facile par un choix convenable des corps A et B ; on ne peut pas s'en dispenser : il donne raison à nos conventions.

Ainsi deux corps A et B ont la même température lorsque le thermomètre mis en présence de chacun d'eux fournit la même indication. Ils ont des températures inégales dans le cas contraire, la plus élevée correspondant au volume apparent du mercure le plus grand.

Nous sommes loin encore d'avoir établi un système de *mesures* thermiques : les indications de notre thermomètre

n'ont jusqu'ici qu'une valeur qualitative; elles répètent simplement, mais en termes beaucoup plus précis, ce que disent vaguement nos sensations de chaud et de froid. Nous pouvons constater que la température d'un corps reste constante, qu'elle croît ou qu'elle décroît; que les températures d'un même corps, à deux époques éloignées, ou que celles de deux corps différents sont égales ou inégales. Nous pourrions, par exemple, comparer la température de l'air aux différentes heures de la journée ou aux différents jours de l'année, et tracer la courbe de la température diurne et celle de la température annuelle; mais ces courbes représenteraient ces phénomènes à une échelle inconnue, variable d'un instrument à l'autre. Nous pourrions vérifier si l'eau bout à une température plus basse au sommet d'une montagne que sur le rivage de la mer, ou si la glace fond partout à la même température; mais nous n'avons aucun moyen d'estimer numériquement la différence entre deux températures, et nous ne sommes nullement en état de pouvoir affirmer que telle température est la somme ou la différence de deux autres.

Encore toutes les observations que nous pouvons faire n'ont-elles de valeur réelle que si notre thermomètre reste comparable à lui-même; et nous ne disposons jusqu'ici d'aucun contrôle. S'il venait à se briser et que nous en fissions un autre pour le remplacer, rien ne nous autoriserait à penser que les mêmes températures répondraient aux mêmes lectures : nos nouvelles observations ne seraient pas plus comparables aux anciennes que ne le seraient celles d'observateurs pesant les corps à l'aide de jeux de poids construits arbitrairement.

On en était là au XVIe siècle.

Il n'est pas inutile de rappeler brièvement les origines du thermomètre et de rattacher ses transformations successives aux découvertes qui les ont rendues possibles : nous apprécierons mieux la longueur et les difficultés du chemin qu'il a fallu parcourir pour aboutir enfin à un système de mesures thermiques.

L'histoire de l'invention du thermomètre est restée fort obscure, bien qu'elle ait beaucoup exercé la sagacité des érudits. Elle s'ouvre par les témoignages de Nelli et de Viviani qui affirment que, dès l'année 1597, Galilée avait imaginé un instrument composé d'un tube de verre terminé par une boule d'un côté, ouvert à l'autre extrémité, et renfermant un petit index d'eau qui séparait l'air intérieur de l'air extérieur : la chaleur éloignait l'index de la boule, le froid l'en rapprochait. Une échelle arbitraire permettait d'apprécier les déplacements. Les œuvres de Galilée ne font aucune mention de cet appareil ; mais des documents authentiques, qui attestent que Galilée montra, en 1603, les effets de son thermomètre au P. Castelli, confirment le témoignage de ses biographes et ont paru suffisants à un bon nombre d'auteurs, à Poggendorff entre autres, dans son *Histoire de la physique*, pour rapporter à Galilée l'honneur de cette invention.

Peut-être doit-il le partager avec ses contemporains Porta, Sanctorius, Fra Paolo Sarpi, Drebbel, etc., qui décrivirent ou employèrent des instruments semblables. Celui de Drebbel, très répandu dans les Flandres et en Angleterre au commencement du XVIIe siècle, était formé d'un réservoir à air prolongé par un tube vertical descendant et dont l'extrémité plongeait dans un réservoir renfermant de l'eau mêlée d'acide azotique pour l'empêcher de geler : le liquide s'élevait plus ou moins haut dans la tige suivant la température.

La première substance thermométrique employée fut donc l'air atmosphérique ; mais on s'en servait fort mal. Tous ces appareils étaient à la fois des thermoscopes et des baroscopes : les effets de la chaleur et ceux de la pression de l'air, dont on ignorait alors l'existence, s'y trouvaient confondus.

Vers la fin de l'année 1641, deux ans avant la fondation de l'Académie de Florence, il existait, dans cette ville, des thermoscopes à liquide. Sauf le mode de gradua-

tion et la forme de serpentin donnée à la tige de quelques-uns d'entre eux, ces instruments rappelaient parfaitement nos thermomètres actuels.

Les *Saggi* de la célèbre Académie décrivent un de ces appareils perfectionné par quelqu'un de ses membres : à l'eau, employée d'abord comme substance thermométrique et qui en se congelant sous l'action du froid brisait l'enveloppe de verre, on avait substitué l'alcool (1).

Les thermomètres florentins furent longtemps célèbres. Les plus employés avaient une échelle divisée en 50 degrés indiqués sur le tube même, non par des traits, mais par de petites perles de verre soudées à la tige avec une très grande habileté. Dans d'autres, l'échelle avait 60, 70 ou 100 divisions, et 300 ou 400 dans les thermomètres en serpentin. On réglait l'échelle de telle sorte que le thermomètre à 100 divisions marquât 16 ou 17 degrés pour les plus grands froids de l'hiver en Toscane, et 80 degrés sous l'action des rayons solaires, pendant les plus fortes chaleurs de l'été. Dans les mêmes circonstances, le thermomètre à 50 divisions marquait 11 ou 12 degrés dans le premier cas, et 40 dans le second.

Évidemment, une telle graduation restait flottante, et les thermomètres florentins n'étaient pas des instruments comparables. Les académiciens se rendaient bien compte de cet inconvénient, mais, faute de mieux, ils se fiaient à l'habileté des constructeurs pour y remédier. On voit, par

(1) Plusieurs auteurs contemporains attribuent ce perfectionnement au grand-duc Ferdinand II. Nous citerons ici un passage de la *Cosmographia elementaris* R. P. Caspari Knitl, Norimbergæ, 1672 : *Magnus dux Florentiæ ut obviaret incommodo, quo in hyeme aqua glacida thermoscopium rumpit, ingeniosissime ante annos aliquot excogitavit aliud : est vitreus globellus cum collo subtilissimo ad flammam lucernæ elaboratus ; hic globellus cum parte colli impletur quintâ essentiâ vini, seu aquâ vitæ rectificatâ hoc modo : cum vitrum adhuc est calidum, intruditur collo aperto in dictum liquorem, et foramen colli claudetur vitro* (pp. 89, 90). Un peu plus loin, parlant des usages des thermoscopes, l'auteur ajoute : *Magnus Dux curavit suum thermoscopium Gallinæ supponi, et notavit gradum caloris, ad excludendos pullos requisitum. Observavit deinde hunc ipsum caloris gradum in fornaculis, et fecit illo calore pullos nasci sine opera Gallinæ* (p. 91).

un passage des *Saggi,* qu'on cherchait à obtenir des appareils aussi semblables que possible, en ayant grand soin de conserver un même rapport entre la capacité du réservoir, le diamètre du tube et la quantité d'alcool introduite.

Ce thermomètre, tout imparfait qu'il fût, devait conduire à une découverte importante. Dans une des expériences rapportées par les *Saggi,* les académiciens de Florence plongèrent dans l'eau bouillante un vase de plomb rempli de glace concassée au milieu de laquelle se trouvait un de leurs thermomètres à 50 divisions. Ils observèrent que tant qu'il y avait de la glace dans le vase, le thermomètre marquait un même point fixe, environ 13,5 degrés. Recommencée cent fois, cette expérience conduisit toujours au même résultat.

Ce fait n'est pas particulier à la glace ; et on ne tarda pas à constater de la même manière que tout corps qui passe de l'état solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur, fond, sous pression constante, à une température déterminée, variable avec la nature du corps, et qu'on appelle son *point de fusion.* Cette température reste constante dès l'instant où commence la fusion jusqu'à celui où elle s'achève : on a beau donner au corps plus de chaleur, on ne l'échauffe plus, on le fond. D'ailleurs une variation peu considérable de la pression n'exerce sur le point de fusion des solides qu'une influence négligeable.

Les académiciens de Florence n'utilisèrent point leur découverte. On sut plus tard en tirer un perfectionnement important de leur thermomètre.

Le phénomène de la fusion et les lois qui le régissent permettent, en effet, de réaliser une série de températures absolument déterminées et constantes, indépendantes de tout instrument thermométrique : on aura parfaitement défini les conditions thermiques d'une expérience quelconque quand on aura constaté qu'elle se fait, par exemple, à la température de fusion du zinc ou de

l'étain. Nous pourrions donc établir une échelle de températures fixes, mais discontinues, où se trouveraient repérés un certain nombre de points de fusion. On l'a fait; plusieurs observateurs, Newton entre autres, se sont servis de thermomètres où l'on avait multiplié les points fixes.

Tous les instruments munis de cette échelle devront indiquer la même division quand on les plongera dans le même solide en fusion. Si quelqu'un d'entre eux, au bout d'un certain temps ou après un certain service, cessait d'obéir à cette loi, nous saurions qu'il n'est pas resté comparable à lui-même, que le temps ou l'usage l'ont faussé.

Nous voilà donc, grâce à la découverte des températures constantes de fusion, en possession du moyen de contrôle qui nous manquait encore. Un thermomètre à points fixes et à échelle discontinue serait évidemment moins imparfait que le thermomètre florentin; mais il ne réaliserait pas encore le système de mesures thermiques que nous cherchons.

La fusion des solides n'est pas seule à nous fournir des températures constantes. L'ébullition des liquides nous en fournit également; mais on fut plus longtemps à le découvrir.

Plongeons notre thermomètre au milieu de la vapeur de l'eau bouillante : le mercure, après s'être élevé, se fixera dans le tube à un niveau invariable, si la pression reste constante, tant que durera l'ébullition. La vapeur d'eau bouillante sous une pression déterminée a donc une température fixe. Ce fait échappa aux académiciens de Florence; Robert Hooke, en Angleterre, le connaissait certainement dès 1684. On ne tarda pas à constater qu'il n'est pas particulier à l'eau, mais qu'il s'observe dans la vapeur de tout liquide en ébullition; seulement cette température ne varie pas seulement avec la nature du liquide, elle varie aussi, pour un même liquide, et dans des proportions très appréciables, avec la pression qu'il supporte.

Cette dernière propriété nous permettrait donc d'obtenir, à l'aide d'un seul liquide et en faisant varier les pressions qu'il supporte, une série de températures constantes se suivant par degrés continus. Théoriquement du moins, il y a là tout ce qu'il faut pour achever d'établir un système de mesures thermiques.

Les physiciens sont arrivés au même résultat par une autre voie plus facile et plus sûre.

Quelques années après la dissolution de l'Académie de Florence, un ancien membre de cette société, Charles Renaldini, émit, dans sa *Philosophia naturalis* publiée en 1694, et probablement pour la première fois, l'idée d'utiliser les températures constantes de la fusion de la glace et de l'ébullition de l'eau pour la graduation des thermomètres. Il proposa donc de plonger successivement l'instrument dans la glace fondante et dans l'eau bouillante, et de diviser l'intervalle entre ces deux températures en 12 parties égales; on y serait parvenu, pensait-il, en plongeant successivement le thermomètre dans des mélanges de n parties d'eau froide *(aqua gelida)* et de $12-n$ parties d'eau bouillante.

Les successeurs de Renaldini ont gardé son principe et modifié la manière dont il prétendait l'appliquer. Les raisons qui les ont déterminés sont connues, nous ne les rappellerons pas. Nous passons également sous silence les essais de Boyle, de Newton, d'Halley, d'Amontons, etc., pour arriver à constituer une échelle thermométrique fixe et comparable. Le choix de la substance thermométrique est désormais restreint à l'air, à l'alcool et au mercure; mais Fahrenheit, Deluc, Réaumur, Celsius se servent encore de graduations différentes. Arrêtons-nous à celle qui a définitivement survécu.

Nous n'entrerons pas dans le détail des opérations délicates qu'exigent la construction et la graduation d'un thermomètre centigrade à mercure : on peut les lire dans tous les traités de physique ; nous ne rappellerons que ce qui est nécessaire à notre sujet.

Une quantité convenable de mercure pur et sec a été introduite dans le thermomètre ; le tube capillaire qui prolonge le réservoir est fermé; son volume intérieur, *nous le supposons*, est et reste parfaitement cylindrique à toute température; les parois du réservoir, *nous le supposons* également, ne cédent ni aux variations de pression extérieure ni à celles de la pression intérieure qui dépend de la hauteur du mercure dans le tube quand l'instrument est placé verticalement.

Portons le thermomètre dans la glace fondante, et soit A le niveau auquel le mercure se fixe dans le tube. Portons-le dans la vapeur d'eau bouillante, sous la pression normale, et soit B le point d'affleurement du mercure. Les deux températures correspondantes sont parfaitement déterminées, toujours et partout les mêmes dans les mêmes conditions, et absolument indépendantes d'un thermomètre quelconque. Prenons le point A pour *origine* de la graduation. Inscrivons donc o en face du point A, et appelons *température de 0 degré* la température de la glace fondante. Convenons d'appeler *température de 100 degrés* la température de la vapeur d'eau bouillante, et inscrivons, par conséquent, le nombre 100 en face du point B.

Si le temps et l'usage ne faussent pas le thermomètre, le mercure se fixera au niveau A et au niveau B chaque fois qu'on replacera l'instrument dans la glace fondante et dans la vapeur d'eau bouillante. *Supposons* qu'il en soit ainsi. Alors aux deux températures constantes o et 100 correspondront deux points fixes A et B de la tige ; et le volume intérieur du tube compris entre ces deux points, variable avec la température, reprendra la même valeur chaque fois que le thermomètre repassera par la même température.

Retirons l'appareil de la vapeur d'eau bouillante, laissons-le refroidir et, à une température arbitraire, divisons l'intervalle fondamental AB en 100 parties que

nous supposerons rigoureusement égales : à chacune d'elles correspondra, dans le tube, un volume élémentaire égal à la centième partie du volume AB *à la température actuelle,* et il en sera de même à toute température.

Achevons maintenant la graduation de 0 à 100 et prolongeons-la de part et d'autre des points A et B. Il est clair que nous aurons ainsi *échelonné, repéré* une série de températures, parfaitement déterminées, mais dont deux seulement, les températures 0 et 100, sont indépendantes de l'instrument. En d'autres termes, nous aurons réalisé *une échelle de températures basée sur la dilatation apparente du mercure dans le verre,* échelle fixe et comparable à elle-même aussi longtemps que le thermomètre possèdera toutes les qualités que nous lui avons *supposées.*

Mais quelle est la signification précise et quel usage peut-on faire des nombres qui forment cette échelle? Sont-ils destinés uniquement à jouer le rôle de *numéros d'ordre* et à nous permettre de dénommer, de définir, en la distinguant de toute autre, une température quelconque ? Ou bien sont-ce de *vrais nombres,* résultats de la *mesure* des températures correspondantes rapportées à une unité bien définie?

L'usage que nous faisons des indications du thermomètre ne laisse aucun doute sur la réponse à donner à cette question : ce sont plus que de pures dénominations, ce sont de vrais nombres, puisque nous introduisons à chaque instant, dans nos calculs, les *valeurs numériques* de ces indications. On n'ajoute pas, on ne retranche pas des numéros d'ordre. — L'usage existe ; on ne peut y renoncer ; mais comment se justifie-t-il? Si le thermomètre *mesure* réellement les températures, quelle est l'unité?

Le choix des deux températures *constantes* qui limitent l'intervalle fondamental et les *valeurs* conventionnelles 0 et 100 degrés qu'on leur donne, définissent *une unité de mesure* des températures que j'appellerai *naturelle;* absolue

vaudrait mieux, mais ce mot, nous le verrons tantôt, a reçu une autre signification. Cette unité est la centième partie de la différence invariable, et indépendante de tout appareil thermométrique, qui sépare les températures fixes de la vapeur de l'eau bouillante et de la glace fondante. Le nombre qui mesure une température t, rapportée à cette unité naturelle, est celui qui exprime combien de fois la température t contient cette unité parfaitement définie. La contient-elle 50 fois ? La température t est la moyenne arithmétique exacte des températures de la vapeur d'eau bouillante et de la glace fondante. Sont-ce les nombres résultats de ces mesures que nous lisons sur l'échelle du thermomètre ? Nullement.

La quantité symbolique que nous avons appelée température n'est pas *naturellement*, mais *artificiellement* mesurable. Elle n'est pas naturellement mesurable, parce que la réalité que recouvre ce symbole, la *nature* de cette quantité, nous est inconnue ; elle est artificiellement mesurable, parce que l'expérience nous a permis de rattacher ses variations à celle d'une autre quantité. Pour apprécier, en effet, la grandeur et les variations de la température, nous avons placé entre elle et nous un phénomène thermométrique, la dilatation apparente du mercure dans le verre. La marche de ce phénomène est très certainement liée à celle de la température *naturelle*, mais par une loi que nous ne connaissons pas *à priori*, et que nous ne pourrons déterminer *à posteriori* que le jour où nous aurons établi un système *naturel* de mesures des températures. Quelle que soit cette loi, les nombres que nous lisons à l'affleurement de la colonne de mercure sur l'échelle du thermomètre, *mesurent* les variations de la dilatation apparente du mercure en centièmes du volume actuel 0-100 ; quelle que soit cette loi, ces mêmes nombres, grâce à nos conventions antérieures, *repèrent*, définissent les températures correspondantes ; comment et à quelles conditions peuvent-ils les *mesurer* ?

En attendant que nous puissions déterminer la loi qui relie la dilatation apparente du mercure à la température *naturelle*, nous ne pouvons la fixer que par rapport à un système thermométrique *artificiel*, en sorte que l'expression de cette loi variera avec le système de mesures qui servira à la définir, à peu près comme varie l'équation d'une courbe avec le système d'axes coordonnés auquel on la rapporte. Inversement, nous pouvons déterminer, créer un système *artificiel* de mesures thermiques en nous donnant, par définition, la loi qui, dans ce système, rattachera les variations de la dilatation apparente du mercure dans le verre à la mesure des températures. C'est ce que l'on fait ici ; et l'on choisit la définition de cette loi de telle manière que les nombres qui mesurent sur l'échelle du thermomètre les variations de la dilatation apparente du mercure, mesurent également, dans le système artificiel que cette définition établit, les températures correspondantes ; en d'autres termes, par définition, dans le système thermométrique artificiel réalisé par le thermomètre centigrade à mercure, les variations de la température sont proportionnelles aux variations de la dilatation apparente du mercure dans le verre, estimées en centièmes du volume 0-100, ce volume étant lui-même à la température à mesurer.

Quelle est, dans ce système thermométrique, l'*unité* de température? C'est une quantité variable avec la température à mesurer, comme l'unité de poids est une quantité variable avec la position sur le globe du corps à peser. Supposons que la colonne de mercure s'arrête à la division m, et soit t la température correspondante, mesurée dans le système artificiel défini par le thermomètre centigrade à mercure. L'unité de mesure *du volume* 0-m est la centième partie du volume 0-100 à la température actuelle t; l'unité de mesure de la *température* t correspondante est la centième partie de la variation de température qui entraînerait une dilatation apparente du mercure

dans le verre égale au volume 0-100, ce volume étant lui-même à la température t.

Il résulte de ces considérations que le thermomètre à mercure définit une échelle de températures et un système de mesures thermiques qui n'ont rien d'absolu, rien de naturel, mais qui sont essentiellement relatifs et artificiels. Encore, ces indications n'ont-elles de valeur réelle que si on les lit sur le thermomètre idéal doué de toutes les qualités que nous avons dû lui supposer : son tube est et reste à toute température parfaitement cylindrique; sa tige est divisée en parties rigoureusement égales; les variations des pressions extérieure et intérieure sont sans influence sur le volume apparent du mercure; enfin les températures constantes 0 et 100 qui limitent l'intervalle fondamental, correspondent à des points fixes de l'échelle. La réalité est toute différente.

La réputation du thermomètre à mercure a subi des vicissitudes étranges : on l'a tour à tour exalté et déprécié outre mesure. C'est qu'on l'a cru d'abord parfait et qu'on lui reconnut plus tard des caprices singuliers qui semblaient le rendre impropre à fournir un instrument comparable. On doit entendre par là que chacun de ses degrés correspond à une température déterminée et toujours la même. Or, les variations irrégulières dont nous parlons, observées par un grand nombre de physiciens, par Regnault et Magnus entre autres, se montrèrent si rebelles qu'on désespéra de les soumettre à des lois précises, et l'on en vint à se demander s'il existait une échelle et un système thermométrique stables, fondés sur la dilatation apparente du mercure dans le verre, ou bien plutôt autant d'échelles et de systèmes qu'il y avait de thermomètres à mercure.

Des travaux récents, de très grande précision, ont dissipé ces appréhensions, et apporté au thermomètre à mercure un regain de faveur qui le ramène, et définitivement, aux plus beaux jours de son histoire. Nous ne pouvons

que les signaler ici (1) et en indiquer la conclusion : tous les thermomètres à mercure de même verre, soigneusement construits, étudiés individuellement, manipulés suivant certaines règles scrupuleusement respectées, et dont les lectures sont ramenées systématiquement aux conditions du thermomètre idéal par des corrections relatives au calibrage, aux pressions extérieure et intérieure, à la position des points fixes, et propres à chaque instrument, donnent une échelle et un système thermométrique qui restent les mêmes dans les limites des erreurs inévitables d'observation.

On peut se demander jusqu'à quel point cette échelle et ce système thermométrique artificiels suffisent pour diriger avec succès l'étude des phénomènes produits par la chaleur. Ils suffisent complètement. Si les lois de ces phénomènes étaient connues et exprimées en fonction des températures naturelles, on pourrait, par une sorte de transformation de coordonnées, les exprimer en fonction des températures mesurées dans un système thermométrique artificiel quelconque, celui que définit le thermomètre centigrade à mercure, par exemple. Or ce sont ces formules transformées, qui représentent les lois réelles, moins simplement peut-être, mais tout aussi exactement que le feraient les formules naturelles, que nous donne maintenant l'observation. Les lois de la chaleur peuvent donc être découvertes par des expériences convenables et traduites dans des formules exactes où les températures seront évaluées en degrés artificiels du thermomètre centigrade à mercure, ou d'un thermomètre précis quelconque. Mais leurs énoncés étant aussi intimement liés au système thermométrique employé que les équations des courbes le sont au système d'axes coordonnés auxquels on

(1) *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures*, tomes I et VI; recherches de MM. Pernet, Chappuis, et surtout de M. Ch. Guillaume. Voir aussi Ch. Guillaume, *Traité pratique de la thermométrie de précision*, Paris, Gauthier-Villars, 1889.

les a rapportées, il faudra faire connaître ce système, ou en adopter un de commun accord.

Le thermomètre à gaz est aujourd'hui le thermomètre normal des physiciens. Nous avons rappelé plus haut les avantages qu'offrent les substances thermométriques gazeuses sur les substances thermométriques liquides au point de vue de la sensibilité et de la comparabilité des thermomètres. Ces avantages sont de l'ordre purement pratique ; ils ont moins contribué, au début, à établir la réputation du thermomètre à gaz que des considérations théoriques qui ont actuellement beaucoup perdu de leur valeur.

Gay-Lussac avait cru montrer que tous les gaz, sous l'action de la chaleur, subissent un égal accroissement de volume, quelles que soient leur nature et la pression constante qu'ils supportent ; et les premières études calorimétriques des gaz avaient fait admettre que leurs variations de volume étaient rigoureusement proportionnelles aux *quantités* de chaleur reçues. Il était donc naturel de mesurer les températures par la dilatation des gaz.

Regnault a changé tout cela. C'est triste à dire, mais les lois de Gay-Lussac relatives à la dilatation des gaz, exposées avec une complaisance bien légitime dans les anciens traités de physique, ne sont, comme la loi de Mariotte relative à la compressibilité des gaz, que des lois limites : en réalité les différents gaz ont des coefficients de dilatation, sous pression constante, qui leur sont propres et qui varient avec la pression ; et ils ne mesurent pas rigoureusement, par leur dilatation, les *quantités* de chaleur qu'ils ont reçues.

D'ailleurs, on est porté, au premier abord, à exagérer les avantages que l'on retirerait du choix d'une substance thermométrique dont le coefficient de capacité calorifique, comme celui de la capacité d'un vase parfaitement cylindrique, resterait constant. En la voyant se dilater de

quantités égales, nous saurions sans doute qu'elle a reçu, à chaque pas, une même quantité de chaleur; mais nous ne pourrions tirer de là aucun renseignement sur la chaleur reçue par les corps dont elle servirait à évaluer les températures. Imaginons qu'un vase de forme quelconque, (supposons-le conique pour fixer les idées), soit en communication avec un vase manométrique cylindrique. Versons du liquide dans le vase conique : le niveau s'élèvera dans les deux vases; à des accroissements égaux du niveau dans le vase cylindrique répondront des quantités de liquide reçues égales; mais qui ne voit qu'on ne peut rien en conclure touchant la mesure des quantités de liquide reçues par le vase conique? Quelle que soit la substance thermométrique employée, les indications du thermomètre sont sans aucun rapport précis avec les *quantités* de chaleur qui ont élevé les corps aux niveaux calorifiques ou aux *températures* qu'elles servent à apprécier.

Toutefois, si les gaz ont été dépouillés des propriétés dont les avaient dotés les premiers observateurs, ils n'en conservent pas moins des qualités précieuses qui ressemblent très fort à ces propriétés. Il résulte, en effet, des travaux de Regnault, que les thermomètres à gaz sont des instruments parfaitement comparables lors même qu'on les charge avec des gaz différents, mais très éloignés de leur point de liquéfaction, et sous des pressions initiales qui peuvent varier entre des limites assez étendues; en outre, les températures qu'ils indiquent sont, non pas absolument, mais sensiblement proportionnelles aux quantités de chaleur qu'ils absorbent, sur une grande étendue de l'échelle thermométrique.

Chaque physicien peut donc construire son *thermomètre normal*. La valeur des indications qu'il fournira dépendra du soin apporté à sa construction, à ses lectures et à leurs corrections, en un mot des installations expérimentales du laboratoire et de l'habileté de l'opérateur. Il n'en est pas toujours ainsi dans les questions de mesure. Quand

on évalue une longueur, par exemple, au moyen d'une règle divisée en millimètres, si habile que soit l'opérateur, la mesure n'est exacte que si le millimètre de sa règle est le vrai millimètre. Il ne peut en être certain qu'après avoir comparé sa règle à l'étalon de longueur. La mesure des températures est affranchie de cette opération très délicate : le thermomètre normal est établi et reproduit de toutes pièces, sans qu'il soit nécessaire de contrôler les indications en les rapprochant de celles d'un thermomètre étalon conservé avec le soin jaloux qui entoure les prototypes du mètre et du kilogramme.

Ajoutez à cela que le thermomètre à gaz se prête, avec une égale complaisance, à la mesure des températures basses et des températures élevées : son échelle n'a d'autre limite pratique que celle que lui fixe le point de fusion des réservoirs employés. Sans doute, à l'usage il se montrera souvent incommode : c'est un outil indispensable mais d'un maniement pénible; il pourra du moins toujours servir pour la graduation d'autres corps thermométriques que l'on emploiera dans les expériences courantes.

C'est plus qu'il n'en faut pour justifier le choix des gaz comme substances thermométriques.

On peut les utiliser de deux manières différentes : en mesurant leur dilatation à volume constant ou à pression constante. Les modes opératoires sont différents; les systèmes thermométriques qu'ils fournissent ne sont pas identiques; ils le seraient pour un gaz qui suivrait rigoureusement la loi de Mariotte. Nous n'avons pas à rappeler ici les raisons qui ont fait préférer le premier.

L'échelle thermométrique normale, adoptée par le comité international des poids et mesures, est l'échelle centigrade du thermomètre à hydrogène, pris sous volume constant et sous la pression manométrique de 1 mètre de mercure. Ce thermomètre a un réservoir en platine iridié d'une capacité d'un litre.

Nons n'avons parlé jusqu'ici que des thermomètres fondés sur la dilatation d'une substance convenablement choisie. En commençant, nous signalions une foule d'autres effets de la chaleur susceptibles de devenir, eux aussi, des *phénomènes thermométriques*. De fait, presque tous ont joué ce rôle dans des circonstances spéciales, et plusieurs rendent tous les jours d'excellents services à la science et à l'industrie quand elles ont à apprécier des variations de température trop faibles ou trop étendues pour qu'on puisse en confier le soin à la dilatation.

La chaleur dessèche les corps. Le célèbre potier anglais, Wedgwood, l'inventeur de la faïence fine, a trouvé dans cette propriété, étudiée sur l'argile, le principe de son pyromètre.

La chaleur dissocie les composés chimiques; elle décompose, par exemple, graduellement le carbonate de chaux en dégageant de l'acide carbonique capable d'une tension maximum déterminée pour chaque température. La dissociation a conduit à la construction de pyromètres chimiques.

La chaleur modifie la force élastique et la densité des vapeurs. M. Pictet a employé comme thermomètre, pour les basses températures, un appareil donnant ces températures au moyen des forces élastiques maxima de l'acide sulfureux. La mesure de la densité de la vapeur d'iode a rendu, dans d'autres circonstances, un service analogue.

La chaleur fournie à différents corps en quantités égales les échauffe inégalement. Les belles recherches de M. Violle sur la chaleur spécifique du platine ont permis d'utiliser le calorimètre pour la mesure des températures élevées.

La chaleur modifie les propriétés optiques des corps transparents. On a reconnu que le pouvoir rotatoire du quartz pouvait devenir un phénomène thermométrique.

La chaleur fait naître des courants électriques. Le pyromètre thermo-électrique de Pouillet, le thermo-mul-

tiplicateur de Melloni, le radio-micromètre imaginé par le Dr d'Arsonval, réinventé et perfectionné par M. Boys, etc., sont de vrais thermomètres électriques.

La chaleur fait varier les résistances électriques. Le pyromètre électrique de Siemens, et le bolomètre du professeur Langley, qui a donné et promet de si merveilleux résultats, font servir ces résistances à la mesure des températures.

Enfin, la chaleur rend les corps incandescents. Une foule de physiciens, Ed. Becquerel, Crova, Violle, Le Chatelier, etc., ont concouru à fonder divers systèmes thermométriques sur la variation, avec la température, des intensités relatives des radiations inégalement réfrangibles, émises par les corps rendus incandescents.

On a donc imaginé, et on pourra imaginer encore, une infinité d'échelles et de systèmes thermométriques, variables avec la nature du phénomène et la nature des substances mises en œuvre, tous distincts les uns des autres et représentant une même température par des nombres qui ne sont ni identiques, ni proportionnels entre eux, et qui introduiraient dans la science une confusion inextricable si l'on ne prenait soin de les transformer en degrés centigrades du thermomètre à gaz.

Parmi tant de systèmes possibles, artificiels et arbitraires, n'en est-il pas un moins artificiel et moins arbitraire que les autres ? Oui, il en est un ; et le nom de *système de températures absolues* qu'on lui a donné semble même insinuer qu'il n'a rien gardé d'artificiel et d'arbitraire.

Parmi les effets de la chaleur, il en est un qui les résume et les contient tous : *la chaleur travaille*. On sait que la partie de la physique qui traite des relations entre le travail mécanique d'une part et les quantités de chaleur et les températures de l'autre, ou la thermodynamique, repose sur deux lois générales, fondées sur l'expérience, le

principe de l'équivalence et le *principe de Carnot*. L'établissement de l'échelle thermodynamique des températures absolues est une explication de ce second principe. Une analogie, développée par Carnot, nous tiendra lieu de toute explication.

Un moteur hydraulique ne peut produire de travail sans chute d'eau. Le rendement du moteur, utilisant la chute d'un kilogramme d'eau tombant d'un niveau supérieur A à un niveau inférieur B, n'a pas de minimum : la construction et l'installation du moteur peuvent être défectueuses au point de le paralyser et de le rendre inerte. Si mobiles que soient ses organes, ce rendement ne peut pas croître sans limite : le moteur ne crée pas l'énergie, il transforme celle qu'il reçoit ; or il ne peut en recevoir plus que la chute d'eau qui le met en mouvement n'en contient ; en réalité, il en laissera toujours se perdre une partie, d'autant plus petite qu'il sera moins imparfait. Supposons-le parfait.

Pour atteindre le rendement maximum, il faudra que l'eau soit conduite du niveau A au niveau B sans cesser de travailler ; et pour que toute la force motrice soit utilisée, il faudra qu'elle soit équilibrée à chaque instant par une force de résistance qui en diffère infiniment peu : si la résistance l'emportait à un moment donné sur la force motrice, elle ne pourrait être vaincue ; si elle était plus petite, toute la force disponible ne serait pas utilisée. Les conditions mécaniques du rendement maximum sont donc infiniment voisines des conditions d'équilibre. Le moteur travaillera avec une lenteur infinie ; une pression infiniment petite, s'opposant à sa marche normale, renversera son mouvement et fera remonter l'eau du niveau A vers le niveau B.

Dans ces conditions, le rendement ne dépendra que de la différence des niveaux A et B ; la nature, la construction, l'installation du moteur parfait qui transforme l'énergie de la chute d'eau en travail ne le modifieront pas. Il s'ensuit que l'*on pourra déduire de la mesure du travail produit, celle de la différence des niveaux A et B.*

Il serait trop long de rappeler ici comment l'application de ces considérations à un moteur thermique conduit à l'énoncé du principe de Carnot ; et nous ne pouvons que laisser entrevoir comment la mesure de la différence des températures d'une source plus chaude A et d'une source moins chaude B peut se définir par celle du travail produit par le passage d'une calorie de la source A à la source B.

Ainsi, l'échelle et le système des températures dites *absolues* reposent sur le choix *arbitraire* d'un phénomène thermique, le rendement de la chaleur en travail. Ils sont indépendants de la nature du corps thermométrique qui effectue la transformation, c'est ce qui leur vaut l'appellation d'*absolus*. Mais pour déterminer directement les températures absolues, il faudrait avant tout réaliser un moteur quelconque vraiment réversible.

Supposons que les gaz suivent parfaitement la loi de Mariotte ; supposons qu'ils aient tous le même coefficient constant de dilatation et de chaleur spécifique, et que le travail intérieur y soit rigoureusement nul : leur énergie interne serait fonction de la température seule, et le thermomètre à gaz sous volume constant jouerait, jusqu'à un certain point, le rôle de machine réversible. Quel que soit le gaz dont on l'aurait chargé, sous une pression quelconque, la quantité de chaleur qu'il absorbera en passant d'une température t_1 à une température t_2 s'y trouvera transformée en travail d'élasticité dont nous lirons la mesure sur l'échelle graduée ; et la mesure de ce travail nous donnera celle de la différence des températures t_1 et t_2.

En réalité, le thermomètre normal réalise sensiblement ces conditions. Ses indications, surtout quand elles se rapportent aux températures élevées, donnent, par un simple déplacement du zéro, les températures absolues ; mais l'approximation diminue, et de plus en plus, pour les températures très basses : l'énergie interne des gaz réels cesse alors d'être fonction de la température seule, et il n'y

a plus de proportion entre les variations de la température absolue et celles du travail d'élasticité.

Nous n'avons voulu dire un mot des températures absolues que pour signaler cette dernière propriété du thermomètre normal ; nous dépasserions notre but en insistant davantage.

Une page du *Traité de physique* de Biot servira de conclusion à cette étude trop longue et trop aride pour ne pas se clore par une justification et une excuse.

« Par tout ce qui vient d'être dit..., on voit qu'un grand nombre de physiciens distingués ont travaillé depuis longtemps pour donner au thermomètre toute l'exactitude et toute la sensibilité dont il est susceptible. Tant de recherches employées à fabriquer un petit instrument de verre peuvent paraître minutieuses, si l'on n'y voit qu'un objet de pure curiosité ; elles sont de la plus haute importance, si l'on fait attention aux conséquences qui en dérivent, et aux connaissances que nous en tirons sur les phénomènes de la nature. Les applications du thermomètre dans la physique, la chimie et les autres sciences naturelles sont innombrables. Les indications qu'il nous donne sont la base de toute la théorie de la chaleur ; il est le régulateur de toutes les opérations chimiques ; l'astronome le consulte à chaque instant dans ses observations, pour calculer les déviations que les rayons lumineux émanés des astres éprouvent en traversant l'atmosphère, qui les brise et les courbe plus ou moins, suivant sa température. C'est encore au thermomètre que nous devons les connaissances que nous avons sur la chaleur animale, produite et entretenue par la respiration. C'est lui qui fixe dans chaque lieu la température moyenne de la terre et du climat ; qui nous montre la chaleur terrestre constante dans chaque lieu, mais diminuant d'intensité depuis l'équateur jusqu'aux pôles constamment glacés ; c'est encore lui qui nous apprend que la chaleur

décroît à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, vers la région des neiges éternelles, ou qu'on s'enfonce dans les abîmes des mers, d'où résultent les changements progressifs de la végétation à diverses hauteurs. Lorsqu'on voit tant de résultats obtenus par le seul secours d'un peu de mercure enfermé dans un tube de verre, et qu'on songe qu'un petit morceau de fer, suspendu sur un pivot, a fait découvrir le Nouveau-Monde, on conçoit que rien de ce qui peut agrandir et perfectionner les sens de l'homme ne doit être d'une légère considération ; et ce motif me servira d'excuse à moi-même pour la multiplicité des détails dans lesquels je viens d'entrer » (1).

J. THIRION, S. J.

(1) Biot, *Traité de physique*, Paris 1816; tome I, ch. II, pp. 61-62.

NOTATION ATOMIQUE

ET

HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES

Dans un récent article, auquel la *Revue des questions scientifiques* a bien voulu ouvrir ses pages hospitalières, nous avons insisté sur quelques idées relatives aux théories physiques; ces idées ne sont, assurément, ni neuves, ni personnelles; elles sont cependant, croyons-nous, loin d'être répandues comme il conviendrait qu'elles le fussent.

Donner à ces idées une forme concrète en marquant comment elles doivent s'appliquer à une théorie particulière, ce serait le moyen assuré d'en mieux marquer le rôle et la portée. Mais les théories de la physique mathématique, auxquelles s'appliquent directement les réflexions que nous avons développées, sont, en général, si abstraites; elles sont entourées d'un appareil analytique si compliqué, si mystérieux pour ceux qu'une longue initiation n'a pas familiarisés avec les symboles qui

composent la langue géométrique; les questions mêmes qu'elles discutent sont si éloignées des préoccupations communes, qu'il serait bien difficile de soumettre, dans les pages de cette *Revue,* quelqu'une de ces théories à une critique détaillée.

Aussi avons-nous dû chercher ailleurs un exemple propre à rendre vivantes, en les particularisant, les considérations générales dont les théories physiques avaient été l'objet; nous n'avons pas cru pouvoir mieux faire que de choisir la théorie chimique moderne. Sa forme séduisante; son langage et ses symboles propres à frapper l'imagination ; la prodigieuse lumière qu'elle a projetée sur le chaos de la chimie organique; ses synthèses qui ont agrandi le domaine déjà si vaste de cette science et qui, du même coup, ont enrichi l'industrie et les arts d'une foule de produits utiles ou brillants ; les débats passionnés auxquels ses principes ont donné lieu; tout contribue à attirer sur elle l'attention, et ce serait faire injure aux lecteurs de la *Revue* que de supposer qu'ils ne la connaissent pas, au moins dans ses grandes lignes.

La théorie chimique, il est vrai, est d'une nature tout autre que les théories physiques : celles-ci ont pour objet de nous représenter les lois suivant lesquelles se produisent certains phénomènes, celle-là cherche à classer les corps; la théorie chimique décrit les organes qui composent le monde physique, les théories physiques cherchent à nous montrer comment ces organes fonctionnent; il y a, entre ces deux groupes de théories, une différence du même ordre qu'entre la morphologie et la physiologie.

Mais cette différence, bien loin de nuire au but que nous poursuivons, nous viendra en aide : si les principes tracés à l'occasion des théories de la physique mathématique s'appliquent encore à une doctrine de nature aussi différente que la doctrine chimique; s'ils servent à en éclaircir les difficultés, à en écarter les controverses, n'est-ce pas une bonne preuve de leur généralité !

I

LA FORMULE BRUTE ET LE POIDS ÉQUIVALENT.

Les poids des divers éléments qui composent une combinaison donnée sont dans un rapport absolument fixe ; ainsi, dans l'eau, le poids de l'oxygène est toujours huit fois plus grand que le poids de l'hydrogène ; dans l'acide sulfureux, le poids du soufre est égal au poids de l'oxygène. C'est la *loi des proportions définies*.

Cette loi, prise isolément, permettrait de déterminer chaque combinaison par une formule conçue à peu près comme les formules qui servent au pharmacien pour reproduire un remède donné : pour faire de l'eau, combinez un gramme d'hydrogène et 8 grammes d'oxygène ; pour faire du chlorhydrate d'ammoniaque, combinez 4 grammes d'hydrogène, 14 grammes d'azote, 35,5 grammes de chlore ; telle serait l'allure de la formule chimique.

De semblables formules exigeraient de la mémoire un effort considérable, puisque rien ne les relierait les unes aux autres ; ce sont cependant elles seules qui représentent les données expérimentales de l'analyse chimique.

Mais ici intervient une première remarque qui déjà les simplifie grandement.

A chaque corps simple, on peut faire correspondre un nombre, plus ou moins compliqué, caractéristique de ce corps simple. Ce sera, par exemple, 1 pour l'hydrogène, 16 pour l'oxygène, 32 pour le soufre, 14 pour l'azote, 35,5 pour le chlore, etc..... Le nombre correspondant à chaque corps simple est dit *nombre proportionnel* de ce corps. Toutes les fois que deux ou plusieurs corps simples se combinent, les poids de ces corps qui se combinent sont entre eux dans le rapport des nombres proportionnels correspondants, ou des produits de ces nombres proportionnels par des nombres entiers généralement simples.

Ainsi, lorsque l'azote se combine à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque, les poids d'azote et d'hydrogène qui se combinent sont entre eux comme le nombre 14, nombre proportionnel de l'azote, et le nombre 3, produit du nombre proportionnel de l'hydrogène par 3 qui est un nombre entier simple. Lorsque le chlore se combine à l'oxygène pour former de l'acide perchlorique, les poids de chlore et d'oxygène qui se combinent sont entre eux comme 71 et 112; c'est le rapport de 2 fois le nombre proportionnel du chlore à 7 fois le nombre proportionnel de l'oxygène. Une remarque analogue s'appliquera à toutes les combinaisons du chlore et de l'oxygène : les poids de chlore et d'oxygène qui forment une de ces combinaisons seront entre eux comme $35,5 \times M$ et $16 \times N$, M et N étant deux nombres entiers simples tels que 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Cette remarque est le fondement sur lequel repose l'introduction de la formule chimique.

Au lieu d'écrire constamment le nombre proportionnel de chaque corps simple, on le représente par une lettre. Ainsi la lettre H représente le nombre proportionnel 1 de l'hydrogène ; la lettre O, le nombre proportionnel 16 de l'oxygène, le symbole Cl, le nombre proportionnel 35,5 du chlore. Un tableau, placé au début des Traités de chimie, fera connaître le nombre que représente chacun de ces symboles et le corps simple auquel il correspond.

Ainsi, on lira dans ce tableau :

Hydrogène. . . .	H	= 1
Oxygène	O	= 16
Soufre	S	= 32
Azote	Az	= 14
Chlore	Cl	= 35,5

Ce tableau constitué, supposons que nous voulions représenter la composition de l'acide perchlorique : au lieu

d'écrire que cet acide est formé par la combinaison de 71 grammes de chlore et de 112 grammes d'oxygène, il nous suffira de rappeler par un symbole que les poids de chlore et d'oxygène qui forment cet acide sont entre eux comme 2 fois le nombre proportionnel du chlore est à 7 fois le nombre proportionnel de l'oxygène; le symbole adopté est celui-ci : Cl^2O^7. De même, l'ammoniaque sera représentée par le symbole AzH^3.

Veut-on juger combien cette manière de représenter la composition chimique des corps soulage la mémoire? Un exemple nous le montrera : prenons les combinaisons oxygénées de l'azote. Dans la manière *pharmaceutique* de formuler, nous dirons :

Le protoxyde d'azote renferme	28	gram.	d'azote	et	16	gram.	d'oxygène
Le bioxyde d'azote	»	14	»	»	16	»	»
L'acide azoteux	»	28	»	»	48	»	»
L'acide hypoazotique	»	14	»	»	32	»	»
L'acide azotique	»	28	»	»	80	»	»

Au contraire, à l'aide de la formule *chimique*, nous dirons :

Le protoxyde d'azote a pour formule Az^2O,
Le bioxyde d'azote . . . . . AzO,
L'acide azoteux . . . . . Az^2O^3,
L'acide hypoazotique . . . . . AzO^2,
L'acide azotique . . . . . Az^2O^5.

Qui ne voit combien ces formules chimiques sont plus aisées à retenir que les formules pharmaceutiques? Et cependant, jointes au tableau des nombres proportionnels, elles nous donnent les mêmes renseignements que celles-ci ; elles nous permettent de les reconstituer.

Maintenant, quelques remarques au sujet de ces formules chimiques.

En premier lieu, la formule d'un corps composé est-elle déterminée absolument et sans équivoque? N'est-il pas possible d'attribuer à un même composé plusieurs formules différentes? Assurément. Voici, par exemple, l'acide

hypoazotique : vous pouvez dire que les poids d'azote et d'oxygène qui le composent sont entre eux comme 14 et 32, c'est-à-dire comme une fois le nombre proportionnel de l'azote et deux fois le nombre proportionnel de l'oxygène ; ce corps a alors pour formule AzO^2 ; mais vous pouvez dire aussi que l'acide hypoazotique est formé de poids d'azote et d'oxygène qui sont entre eux comme 28 et 64, c'est-à-dire comme deux fois le nombre proportionnel de l'azote et quatre fois le nombre proportionnel de l'oxygène ; l'acide hypoazotique aura alors pour formule Az^2O^4. De même, on pourra attribuer au bioxyde d'azote les formules AzO, Az^2O^2, Az^3O^3, etc.

Voilà donc un premier point établi : *à un même composé, on peut faire correspondre plusieurs formules différentes;* ces différentes formules se déduisent de la plus simple d'entre elles en multipliant par un même nombre entier les chiffres qui figurent en exposants dans celle-ci.

En second lieu, le nombre proportionnel d'un corps simple est-il déterminé absolument et sans équivoque? Évidemment non. Supposons qu'au lieu de prendre pour nombre proportionnel de l'oxygène le nombre 16, nous prenions la moitié de ce nombre, le nombre 8. Ne pourrons-nous pas répéter des considérations absolument semblables aux précédentes? Les poids d'oxygène entrant dans diverses combinaisons, qui étaient des multiples simples du nombre 16, seront des multiples simples du nombre 8. On pourra, avec ce nouveau nombre proportionnel, écrire les formules chimiques des composés oxygénés aussi bien qu'avec le premier; seulement ces formules ne seront plus les mêmes. Par exemple, avec ce nouveau nombre proportionnel de l'oxygène,

le protoxyde d'azote a pour formule AzO,
le bioxyde d'azote. . . . . AzO^2,
l'acide azoteux. . . . . AzO^3,
l'acide hypoazotique . . . . . AzO^4,
l'acide azotique . . . . . AzO^5.

Voilà donc une deuxième conclusion qui a une grande importance. *On peut remplacer le nombre proportionnel de chaque corps simple par un autre nombre proportionnel obtenu en multipliant ou en divisant le premier par un nombre simple.*

Les principes que nous venons d'exposer ne peuvent donc suffire à bannir la confusion de la notation chimique : ceux qui acceptent le nombre 16 pour nombre proportionnel de l'oxygène, vont attribuer à l'eau la formule H^2O, tandis que ceux qui adoptent le nombre 8 pour nombre proportionnel de l'oxygène écriront la formule de l'eau HO ou H^2O^2 ; et cette dernière formule est celle que les premiers chimistes attribueront à l'eau oxygénée.

Pour éviter cette confusion, il est nécessaire d'introduire dans la notation chimique une nouvelle convention ; cette nouvelle convention est la suivante :

On cherchera à représenter par des formules analogues les composés chimiques analogues.

Un exemple va nous montrer immédiatement comment ce principe permet de restreindre l'indétermination de la notation chimique.

Quel nombre proportionnel adopterez-vous pour le soufre ? Vous pouvez prendre l'un des nombres 8, 16, 32, 48, 64... A chacun de ces nombres correspondra, pour l'acide sulfhydrique, une formule différente ; on aura ainsi les formules HS^2, HS, H^2S, H^3S, H^4S. Si vous n'invoquez pas la convention précédente, votre choix demeure libre entre ces différentes formules ; mais si vous acceptez la convention précédente, une règle lui est aussitôt imposée. L'acide sulfhydrique est analogue à l'eau ; vous devez lui donner une formule semblable à celle de l'eau.

Si vous avez adopté pour l'oxygène le nombre proportionnel 8, vous avez donné à l'eau la formule HO ; il faut alors donner à l'acide sulfhydrique la formule HS, ce qui

vous oblige à prendre 16 pour nombre proportionnel du soufre; si vous avez adopté pour l'oxygène le nombre proportionnel 16, vous avez donné à l'eau la formule H^2O, ce qui vous oblige à donner à l'acide sulfhydrique la formule H^2S, et au soufre le nombre proportionnel 32.

Ainsi, de ce fait que l'oxygène et le soufre donnent naissance à deux composés analogues entre eux, il résulte que les nombres proportionnels de ces deux corps ne peuvent être choisis arbitrairement; lorsqu'on a choisi le nombre proportionnel de l'un, on a, par cela même, fixé le nombre proportionnel de l'autre. C'est une conclusion que nous pouvons généraliser en disant :

Lorsque deux corps simples peuvent donner naissance à deux composés analogues entre eux, si l'on connaît le nombre proportionnel de l'un de ces corps simples, le nombre proportionnel de l'autre est, par cela même, fixé.

Ces deux nombres proportionnels, ainsi liés l'un à l'autre, sont dits *poids équivalents* entre eux des deux corps simples; ainsi le nombre 8 pour l'oxygène et le nombre 16 pour le soufre sont des poids équivalents d'oxygène et de soufre; le nombre 16 pour l'oxygène et le nombre 32 pour le soufre sont encore des poids équivalents d'oxygène et de soufre.

La convention que nous venons d'exposer va-t-elle nous permettre de bannir toute ambiguïté de la notation chimique? Va-t-elle nous conduire à la détermination d'un système unique de nombres proportionnels, tous *équivalents* entre eux? Va-t-elle assurer la concordance du langage symbolique employé par les divers chimistes?

Cet accord se heurte à une première difficulté. Pour qu'il puisse résulter de la convention précédente, il faut d'abord que tous les chimistes s'entendent pour regarder comme analogues les mêmes composés chimiques. Or cette entente n'a rien de nécessaire.

Tous les géomètres sont d'accord pour regarder tous

les angles droits comme égaux entre eux, ou pour déclarer que d'un point on ne peut abaisser qu'une perpendiculaire sur une droite; et cet accord est nécessaire: en effet, on a défini sans ambiguïté ce que c'était qu'un angle droit, ce que c'était qu'une perpendiculaire; de ces définitions, il résulte, par une déduction logique, que tous les angles droits sont égaux, que d'un point on ne peut abaisser deux perpendiculaires sur une droite; en sorte que si quelqu'un s'avisait de nier l'une ou l'autre de ces propositions, on pourrait, par une suite de syllogismes en bonne et due forme, l'acculer à une contradiction.

Mais au contraire, mis en présence de deux chimistes dont l'un affirme l'analogie de deux corps et dont l'autre la nie, je n'ai pas le droit de dire à l'un : ce que vous dites est certain, et à l'autre : ce que vous énoncez est absurde; mon jugement sur le différend qui les partage ne peut pas être raisonnablement formulé en termes aussi rigoureux. Je puis seulement dire à l'un: j'approuve votre opinion; à l'autre : je ne suis pas de votre sentiment. Il est, en effet, impossible de définir l'analogie chimique; de marquer avec une précision qui exclue toute ambiguïté les caractères auxquels on reconnaîtra que deux composés sont ou ne sont pas analogues; en l'absence d'une semblable définition, je manque de base pour construire un raisonnement propre à convaincre celui qui nie une analogie que j'admets ou qui admet une analogie que je nie; en l'absence d'une semblable définition, l'appréciation de l'analogie chimique demeure personnelle, relative, variable d'un chimiste à un autre, d'une école à une autre.

Assurément, il est des analogies si frappantes qu'aucun chimiste sensé ne saurait les nier; il est des corps qui présentent de telles similitudes dans la plupart de leurs propriétés que personne n'hésitera à les rapprocher. Qui donc, par exemple, aurait l'idée de séparer les uns des autres les acides sulfhydrique, sélénhydrique et tellurhydrique? ou bien encore les acides chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique?

Mais il n'en est pas toujours ainsi. Un chimiste pourra, avec Dumas, trouver une certaine analogie entre l'acide chlorhydrique et l'acide sulf hydrique; s'il a donné à l'acide chlorhydrique la formule HCl, il donnera à l'acide sulfhydrique la formule HS. Un autre pourra nier l'analogie de ces deux acides et, tout en conservant pour l'acide chlorhydrique la formule HCl, donner à l'acide sulfhydrique une formule de forme différente, par exemple H^2S. Encore une fois, la logique ne nous donne aucun moyen de couper court à leur querelle.

Toutefois, si la logique est impuissante à contraindre deux chimistes de se mettre d'accord sur les caractères de l'analogie chimique, elle oblige du moins un chimiste à être d'accord avec lui-même au sujet de ces caractères.

Supposons, par exemple, qu'un chimiste ait énoncé, au début d'un Traité, la règle suivante : nous regarderons comme analogues deux composés qui formeront des cristaux isomorphes. Le voilà obligé de regarder comme analogues les permanganates et les perchlorates, qui sont isomorphes; de donner la même formule à l'acide perchlorique et à l'acide permanganique. Si, après cela, au cours de son Traité, nous le voyons donner à l'acide permanganique la formule Mn^2O^7 et à l'acide chlorique la formule ClO^7, nous sommes en droit de lui dire : vous péchez contre la logique, vous commettez une absurdité. Cessez de regarder l'isomorphisme comme une marque d'analogie chimique, ou bien donnez la même formule à l'acide permanganique et à l'acide perchlorique. Entre ces deux partis, vous pouvez choisir celui qui vous plaira; mais nous sommes en droit de vous obliger à faire un choix.

Tel est le seul moyen de conviction dont nous disposions pour trancher les discussions que soulève la fixation des formules chimiques; ce moyen semble bien limité; sa puissance est, en réalité, bien plus grande qu'on ne croit, tant il est rare que l'on soit conséquent avec soi-même !

Supposons que, placés en présence de deux composés, tous les chimistes soient d'accord pour décider que ces deux composés sont analogues ou pour déclarer qu'ils ne le sont pas. En résulte-t-il que les nombres proportionnels de tous les corps simples, que les formules chimiques de tous les corps composés soient fixés sans laisser place à aucune divergence? Pas nécessairement, et ici une nouvelle difficulté se présente qu'il nous faut examiner.

Voici un certain nombre de corps simples qui fournissent des composés dont l'analogie est indubitable. Nous les plaçons l'un auprès de l'autre dans une même famille : ce sont, par exemple, le chlore, le brome, l'iode, le fluor. La condition que nous nous sommes imposée, de représenter les composés analogues par des formules analogues, nous fixera les nombres proportionnels du brome, de l'iode et du fluor lorsque nous nous serons donné le nombre proportionnel du chlore. Si, par exemple, nous avons pris 35, 5 pour *nombre proportionnel* du chlore, nous serons obligés de prendre pour nombres proportionnels du brome, de l'iode et du fluor, les *poids équivalents* à 35, 5 de chlore, c'est-à-dire les nombres 80, 127 et 19.

Voici, maintenant, une autre famille de corps simples qui forment des composés présentant entre eux d'étroites analogies : ce sont, par exemple, l'oxygène, le soufre, le sélénium, le tellure. Ici encore, si nous avons adopté pour l'oxygène un certain nombre proportionnel, nous serons obligés de prendre pour le soufre, le sélénium, le tellure, des nombres proportionnels bien déterminés, à savoir les poids équivalents qui correspondent au nombre proportionnel choisi pour l'oxygène.

Mais le choix de ce nombre proportionnel de l'oxygène est, jusqu'ici, arbitraire. Je puis prendre pour l'oxygène le nombre proportionnel 8 ; alors le soufre, le sélénium, le tellure auront pour nombres proportionnels respectifs :

16; 40; 64; la formule de l'eau sera HO; les acides sulfhydrique, sélénhydrique, tellurhydrique s'écriront HS, HSe, HTe. Je puis, au contraire, prendre pour l'oxygène le nombre proportionnel 16; alors le soufre, le sélénium, le tellure auront pour nombres proportionnels respectifs : 32; 80; 128; la formule de l'eau sera H^2O; l'acide sulfhydrique, l'acide sélénhydrique, l'acide tellurhydrique s'écriront H^2S, H^2Se, H^2Te.

Voilà une indétermination; peut-on la faire disparaître? Oui, si l'on peut montrer entre un composé fourni par un corps de la famille du chlore et un composé formé par un corps de la famille de l'oxygène des analogies chimiques admises par tous les chimistes entre lesquels cette ambiguïté crée un débat; car alors, pour donner à ces deux composés des formules semblables, nous serons obligés d'établir une relation entre le nombre proportionnel du chlore et celui de l'oxygène; si le premier de ces nombres est donné, le second le sera.

Et qu'on remarque bien que, pour écarter ainsi l'indétermination qui nous occupe, il n'est pas nécessaire de trouver analogues un grand nombre de composés fournis par des corps de la famille de l'oxygène et un grand nombre de composés formés par des corps de la famille du chlore. Une seule analogie, pourvu qu'elle soit marquée par des caractères dont personne ne conteste la valeur, suffira à résoudre la question.

Une semblable analogie se présentera ici. Tous les chimistes, aussi bien ceux qui attribuent à l'eau la formule HO que ceux qui lui attribuent la formule H^2O, regardent l'isomorphisme de deux substances cristallisées comme une bonne marque d'analogie entre ces deux substances. Or, à côté des fluotungstates et des fluoniobates, qui sont isomorphes entre eux, existent des fluoxytungstates et des fluoxyniobates, qui sont isomorphes entre eux, et isomorphes aussi avec les précédents, comme l'a montré M. Marignac. Ces divers sels présentent entre

eux les plus étroites analogies. Voilà qui suffit à nous tirer du doute : tout le monde admet que le fluor a pour nombre proportionnel 19; quel nombre proportionnel faut-il attribuer à l'oxygène pour qu'un fluoniobate et un fluoxyniobate correspondants soient représentés par une formule semblable ? L'analyse nous prouve que le nombre proportionnel qu'il faut attribuer à l'oxygène, c'est le nombre 16. Toute ambiguïté cesse donc; le soufre, le sélénium, le tellure, ont pour nombres proportionnels 32, 80, 128; l'eau, l'acide sufhydrique. l'acide sélénhydrique, l'acide tellurhydrique sont représentés par les symboles H^2O, H^2S, H^2Se, H^2Te.

Lorsqu'on parcourt avec quelque attention le champ de la chimie, on reconnaît bientôt que, parmi les corps simples, il en est que de très nombreuses analogies entre leurs composés rapprochent d'une manière étroite dans une même famille; qu'il en est d'autres, au contraire, entre lesquels les affinités sont plus lâches; mais qu'aucun corps, qu'aucun groupe de corps, ne demeure absolument isolé des autres corps. Entre les groupes de corps simples les plus éloignés en apparence, la loi de l'isomorphisme, d'autres propriétés physiques ou chimiques, établissent des liens inattendus.

Nous avons déjà eu occasion de citer un de ces rapprochements entre des composés fournis par deux corps dont le rôle chimique est, en général, bien différent ; le chlore et le manganèse, si profondément dissemblables par l'ensemble de leurs propriétés chimiques, fournissent des sels tout à fait analogues : les perchlorates et les permanganates. Le chrome, métal bien éloigné du soufre, fournit de même des chromates tout à fait analogues aux sulfates. Le chlore et l'azote paraissent les plus dissemblables des métalloïdes; cependant les chlorates se rapprochent des nitrates par plus d'un caractère, et les beaux travaux de M. Mallard ont mis hors de doute l'isomorphisme de ces

sels. Nous venons de voir que les oxyfluorures étaient parfois analogues aux fluorures. De même, bien que les composés oxygénés ou hydrogénés de l'arsenic et de l'antimoine ne présentent aucune analogie avec les composés correspondants du soufre, la nature nous offre un sulfoarséniure de cobalt (la cobaltine), un sulfoarséniure de nickel (la gersdorffite), un sulfoantimoniure de nickel (l'ulmannite), qui ressemblent à s'y méprendre au sulfure de fer (pyrite) et au sulfure de manganèse (haüérite). Enfin le curieux isomorphisme de la calcite avec le nitrate de soude anhydre établit une analogie bien surprenante entre un composé formé par l'azote et un composé formé par le carbone. L'étude de ces analogies permet alors de fixer le nombre proportionnel qui convient à chacun des corps simples quand on a fixé le nombre proportionnel qui convient à l'un d'entre eux, quand, par exemple, on a pris 1 pour nombre proportionnel de l'hydrogène.

D'après la définition que nous avons donnée du mot *poids équivalents*, les nombres proportionnels ainsi déterminés représentent les *poids équivalents entre eux* des divers corps simples.

A ce système de poids équivalents, on a donné, pour des raisons que nous rencontrerons plus loin, le nom de *poids atomiques* des corps simples. On a, au contraire, donné le nom de poids équivalents à un système de nombres proportionnels longtemps en vigueur, mais qui n'est pas toujours d'accord avec les analogies chimiques généralement admises. Ainsi, dans ce système, bien qu'on attribue au chlore le nombre proportionnel 35,5, on attribue à l'oxygène le nombre proportionnel 8; cependant les chimistes qui tiennent pour ce système admettent que l'isomorphisme caractérise l'analogie chimique, et nous avons vu que l'analogie chimique ainsi définie exigeait que l'on prît pour nombre proportionnel de l'oxygène le nombre 16. De même, dans ce système, l'acide chlorique

a la formule ClO^7 et l'acide manganique la formule Mn^2O^7. On voit donc que les nombres proportionnels qui constituent le système dit des équivalents ne peuvent être regardés comme étant tous équivalents entre eux, même lorsqu'on n'invoque que les marques d'analogie reconnues par tous les chimistes.

A une certaine époque, la lutte fut très vive entre les partisans de ces deux systèmes de nombres proportionnels, entre les *atomistes* et les *équivalentistes;* à la tête des deux partis se trouvaient, en France, deux chimistes de génie, Adolphe Würtz et Henri Sainte-Claire Deville. On voit que, si les partisans des équivalents avaient été pleinement conséquents avec les principes qu'ils admettaient, avec les marques d'analogie chimique qu'ils reconnaissaient, ils eussent adopté le système des poids atomiques. Dans cette lutte, les vrais équivalentistes étaient les atomistes.

Aujourd'hui, cette lutte est terminée; le système des poids atomiques est partout en usage; ou, du moins, si le système des équivalents est encore parfois employé, les raisons qui le maintiennent en faveur auprès de quelques-uns n'ont rien de scientifique. Maintenant que ce système a triomphé du système dit des poids équivalents, il serait juste de le débarrasser d'une dénomination qui semble impliquer une hypothèse au moins inutile; de restituer aux poids atomiques le nom de *poids équivalents* qui en marque mieux le véritable sens. C'est ce que nous ferons dans cet article.

II

DE LA SUBSTITUTION CHIMIQUE.

Nous venons de voir comment, à une notion confuse et peu définissable, celle d'*analogie chimique*, les chimistes avaient fait correspondre une représentation d'une netteté

mathématique, la *formule chimique*, ou, pour parler d'une manière plus précise, la *formule chimique brute*.

Nous allons maintenant assister au développement d'une notion nouvelle, celle de *substitution chimique;* d'abord intimement liée à la définition de l'analogie chimique, elle s'en est graduellement séparée jusqu'à en devenir absolument indépendante ; comme l'analogie chimique, elle est une de ces notions confuses, non définissables, qui s'aperçoivent mais ne se démontrent pas ; comme l'analogie chimique, elle sera représentée par un symbole d'une netteté mathématique, par un certain arrangement de signes qui constituera la *formule chimique développée* ou *formule de constitution.*

Lorsque, dans une dissolution de sulfate de cuivre, on plonge une lame de zinc, le cuivre est précipité et le sulfate de cuivre que renfermait la dissolution est remplacé par du sulfate de zinc ; cette substitution d'un métal à un autre dans une dissolution saline est le plus anciennement connu des phénomènes de substitution. Pour les chimistes du siècle dernier ou du commencement de ce siècle, ces phénomènes de substitution étaient des marques de l'analogie chimique. Le zinc était un corps analogue au cuivre ; il se substituait à celui-ci dans le sulfate de cuivre pour donner un corps analogue à ce dernier sel.

La substitution d'un corps à un autre dans un composé étant regardée comme une marque d'analogie chimique, tant entre les corps qui se substituaient l'un à l'autre qu'entre les composés entre lesquels s'effectuait cette substitution, les poids de deux corps susceptibles de se substituer l'un à l'autre devaient être entre eux comme les poids équivalents de ces deux corps ; deux composés dérivant l'un de l'autre par substitution devaient être représentés par des formules semblables. Ainsi, dans l'exemple que nous venons de citer, $32^{gr},50$ de zinc se substituent à $31^{gr},75$ de cuivre ; les poids atomiques du zinc et du cuivre doivent donc être entre eux comme 32,50 et

31,75; le sulfate de cuivre et le sulfate de zinc doivent être représentés par des formules analogues.

Les progrès de la chimie ont modifié cette manière de voir ; le fait que deux composés dérivent l'un de l'autre par substitution n'est plus regardé comme une marque d'analogie chimique entre ces composés ; les poids de deux corps qui se substituent l'un à l'autre ne sont pas toujours proportionnels aux poids équivalents adoptés aujourd'hui, c'est-à-dire aux poids atomiques.

Ainsi, une lame de cuivre, plongée dans une solution de nitrate d'argent, précipite l'argent et donne du nitrate de cuivre ; $31^{gr},75$ de cuivre se substituent à 108^{gr} d'argent. Pendant longtemps on a admis que les poids équivalents du cuivre et de l'argent étaient dans le même rapport que les nombres 31,75 et 108 ; on regardait le nitrate d'argent comme analogue au nitrate de cuivre ; on donnait à ces deux sels des formules semblables, $AgAzO^6$, $CuAzO^6$.

Aujourd'hui, on ne regarde plus l'azotate d'argent comme analogue à l'azotate cuivrique obtenu dans l'expérience précédente ; les sels d'argent sont regardés comme analogues aux sels cuivreux dont chacun renferme une dose de cuivre double du sel cuivrique correspondant ; l'azotate d'argent et l'azotate cuivrique ne sont plus représentés par des formules semblables ; on donne à l'un la formule $AgAzO^3$, à l'autre la formule $CuAz^2O^6$. Les poids équivalents (poids atomiques) aujourd'hui adoptés pour le cuivre et l'argent sont non pas dans le rapport des nombres 31,75 et 108, mais dans le rapport des nombres 63,50 et 108.

Cette séparation entre la notion de substitution et la notion d'analogie chimique s'est effectuée par de lents progrès. Esquissons brièvement l'histoire de ces progrès (1).

(1) Le lecteur curieux de connaître plus en détail cette histoire lira avec intérêt l'admirable *Préface* écrite par Würtz en tête du *Dictionnaire de Chimie;* c'est une des plus belles pièces qui existent sur l'histoire des sciences. Voir aussi, du même auteur, *Introduction à l'étude de la Chimie*. Paris, Masson, 1885.

Le premier pas vers la séparation entre l'idée de la substitution chimique et l'idée de l'analogie chimique a consisté à démontrer que deux éléments auxquels les chimistes attribuaient un rôle absolument différent, qu'ils plaçaient aux deux extrémités opposées de la classification chimique, le chlore et l'hydrogène, étaient susceptibles de se substituer l'un à l'autre. Cette découverte, l'une des plus étonnantes et des plus fécondes qui en aient été faites en chimie, est due à Dumas.

En faisant passer un courant de chlore dans l'alcool, Liebig avait obtenu un liquide fumant à l'air, auquel il donna le nom de *chloral*, nom qui, sans rien préjuger de la constitution de ce composé, rappelait les circonstances de sa formation. En 1834, Dumas reprit l'étude de cette réaction ; il détermina exactement la formule du chloral, et le résultat de cette détermination fut le suivant : le chloral diffère de l'alcool par cinq équivalents (1) d'hydrogène en moins et par trois équivalents de chlore en plus.

Il fallait le génie de Dumas pour saisir dans ce seul résultat la notion du phénomène de substitution, alors que ce phénomène y est masqué, dissimulé par un phénomène accessoire. Du fait qu'il avait étudié, Dumas tira, par une induction hardie, la loi suivante :

Quand un corps peut être regardé comme un hydrate, — et c'est précisément le cas de l'alcool, — le chlore commence par lui enlever deux équivalents d'hydrogène sans se combiner au composé résultant de cette réaction. Si l'on continue alors à faire agir le chlore sur le corps déshydrogéné ainsi obtenu, le chlore déplace l'hydrogène pour *se substituer* à lui, équivalent par équivalent, absolument comme le zinc se substitue au cuivre dans le sulfate de cuivre. Si, au lieu de prendre un corps hydraté, on eût pris un corps anhydre, le phénomène de substitution se serait produit de suite.

(1) Nous rappelons que nous substituons constamment, comme nous avons proposé de le faire, le mot *poids équivalent* au mot *atome* ou *poids atomique* généralement employé aujourd'hui.

Il nous est difficile aujourd'hui de nous faire une idée exacte de l'audace nécessaire à Dumas pour lancer une pareille affirmation. A ce moment, la théorie électrochimique de Berzélius régnait sans conteste ; la combinaison chimique était une manifestation de l'attraction que l'électricité positive exerce pour l'électricité négative ; parmi les corps simples, les uns sont électrisés positivement : ce sont les métaux ; les autres sont électrisés négativement : ce sont les métalloïdes. Là où, dans une combinaison, l'électricité positive d'un métal est attirée par une force qui maintient le métal dans cette combinaison, un autre métal, chargé aussi d'électricité positive, pourra être attiré plus fortement ; il pourra déplacer le premier métal, il pourra se substituer à lui. Mais là où une attraction maintient l'électricité positive de l'hydrogène, l'électricité négative du chlore ne peut être que repoussée ; il est donc impossible que le chlore vienne, dans une combinaison, occuper la place de l'hydrogène ; la substitution de ces deux éléments l'un à l'autre est une absurdité.

Dans la lutte contre la théorie régnante, à la suite de Dumas, s'était engagé un chimiste prompt à mener jusqu'au bout les conséquences logiques d'une idée : c'était Laurent. Poussant plus loin encore que Dumas la négation des idées électrochimiques, il affirme que non seulement le chlore peut se substituer équivalent par équivalent à l'hydrogène, mais que, de plus, les deux composés qui se changent l'un en l'autre par une semblable substitution sont analogues entre eux. Il fondait cette affirmation sur la comparaison des dérivés chlorés de la naphtaline avec le carbure d'hydrogène qui leur a donné naissance.

A l'appui de l'idée de Laurent, Dumas apporta, en 1839, un argument sans réplique : la découverte de l'acide trichloracétique.

Dans un flacon rempli de chlore sec, introduisons une petite quantité d'acide acétique cristallisable et exposons

le tout à la lumière solaire. Au bout d'un certain temps, les parois du ballon sont recouvertes de cristaux. Ces cristaux, analysés, ont une composition qui diffère de celle de l'acide acétique par trois équivalents d'hydrogène en moins et trois équivalents de chlore en plus. Comme l'acide acétique, le corps qui forme ces cristaux est un acide monobasique. Il neutralise les bases en formant des sels dont la composition et les propriétés sont entièrement semblables à la composition et aux propriétés des acétates correspondants. En un mot, il est impossible de trouver deux corps plus semblables que l'acide acétique et l'acide trichloracétique, qui dérivent l'un de l'autre par substitution de trois équivalents de chlore à trois équivalents d'hydrogène, malgré la différence radicale des propriétés électrochimiques des éléments qui se substituent l'un à l'autre.

En 1844, Melsens donna son achèvement à la belle découverte de Dumas. Il montra que, de même que le chlore pouvait se substituer à l'hydrogène de l'acide acétique pour former de l'acide trichloracétique, de même l'hydrogène dégagé au contact de l'amalgame de sodium pouvait, par une substitution inverse, se substituer au chlore de l'acide trichloracétique pour reproduire l'acide acétique.

Il était donc démontré que deux éléments extrêmement différents par l'ensemble de leurs propriétés chimiques pouvaient se substituer l'un à l'autre dans une combinaison sans altérer notablement les propriétés de cette combinaison, de même que deux métaux peuvent se substituer l'un à l'autre sans changer profondément les propriétés du sel au sein duquel s'effectue cette substitution.

L'idée de substitution, d'abord intimement liée à l'idée qu'il existe une analogie chimique, d'une part, entre les corps simples qui se substituent l'un à l'autre et, d'autre part, entre les corps composés qui dérivent l'un de l'autre

par cette substitution, avait fait un premier progrès : l'analogie des corps simples qui se remplacent n'était plus exigée par les chimistes pour qu'ils consentissent à regarder ce remplacement comme une substitution. Il restait à faire un nouveau progrès, à rendre l'idée de substitution indépendante de l'analogie entre les deux composés qui dérivent l'un de l'autre par substitution. Ce progrès est dû à Regnault. Par ses études sur les dérivés chlorés de l'éther chlorhydrique et de la liqueur des Hollandais, il étendit la notion de substitution au point de regarder comme dérivés l'un de l'autre par substitution des corps dont les propriétés chimiques étaient profondément différentes.

La notion de *substitution chimique* était ainsi constituée comme une notion nouvelle, indépendante de la notion d'*analogie chimique* qui, jusque-là, avait seule servi à construire les formules chimiques.

Ces deux notions sont distinctes, mais elles ont un caractère commun : on ne peut pas plus définir la substitution chimique qu'on ne peut définir l'analogie chimique. Aussi lorsque deux chimistes sont en litige au sujet d'une même réaction que l'un regarde comme une substitution tandis que l'autre refuse de la reconnaître comme telle, il n'est pas possible, par une suite de syllogismes, d'acculer l'un ou l'autre à une absurdité.

Lorsque, par exemple, Dumas présente l'acide trichloracétique comme dérivé de l'acide acétique par substitution du chlore à l'hydrogène, Berzélius refuse d'admettre cette idée ; il regarde l'acide trichloracétique comme un composé d'une nature tout autre que l'acide acétique. Assurément, on peut trouver sa résistance peu sage ; on peut objecter au chimiste suédois l'étrangeté et la stérilité de sa théorie, le caractère naturel, la fécondité des vues de Dumas ; mais peut-on le déclarer absurde, comme on déclare absurde un géomètre qui professe un théorème faux ? Non ; ce serait dépasser les droits de la logique ;

son obstination peut être puérile, déraisonnable, elle ne constitue pas une absurdité.

Nous avons vu que la première action du chlore sur l'alcool consistait, d'après Dumas, à lui enlever deux équivalents d'hydrogène. Il se forme alors un composé découvert par Liebig qui l'a nommé *alcool deshydrogenatum*, ou, par abréviation, *aldéhyde*. Liebig, Dumas, ne regardent assurément pas l'aldéhyde comme dérivant par substitution de l'alcool ; quel corps s'est en effet substitué à l'hydrogène enlevé ? Aucun. Or, aujourd'hui, les chimistes regardent l'aldéhyde comme dérivant de l'alcool par substitution d'un équivalent d'oxygène aux deux corps H et OH. A l'appui de la constitution qu'ils attribuent à l'aldéhyde, ils peuvent faire valoir beaucoup de raisons plausibles ; mais aucune ne conclut à l'*absurdité* de la manière de voir de Liebig.

III

DU TYPE CHIMIQUE.

Deux composés, dérivant l'un de l'autre par substitution d'un élément à un autre, ne sont pas forcément doués de la même fonction chimique ; ils ne sont pas forcément analogues ; pour désigner le caractère, distinct de l'analogie, qui les rapproche, Dumas proposa le mot *type chimique ;* tous les composés qui dérivent les uns des autres, immédiatement ou médiatement, par voie de substitution d'un élément à un autre, appartiennent au même type chimique.

Mais devait-on borner la notion de type aux composés qui dérivent les uns des autres par la substitution d'un corps simple à un autre corps simple, par exemple, par la substitution du chlore à l'hydrogène ? Évidemment non ; des faits chimiques, déjà classiques à l'époque où Dumas

créait la notion de type chimique, montraient qu'une pareille restriction de cette notion n'était pas possible.

Gay-Lussac avait étudié les combinaisons du cyanogène. Ce gaz composé, formé de carbone et d'azote unis en proportions équivalentes, agit dans une foule de circonstances comme un corps simple, le chlore; il fournit avec les métaux des combinaisons qui ont souvent avec les chlorures d'étroites analogies. Les formules de ces corps deviennent semblables si l'on représente par un symbole unique, Cy, l'ensemble CAz qui constitue le cyanogène. Par exemple, le chlorure de potassium est représenté par la formule KCl, le cyanure de potassium par la formule KCy.

Les sels ammoniacaux sont tout à fait analogues, par leurs propriétés chimiques, aux sels formés par le potassium et le sodium ; ils en sont souvent isomorphes. Leurs formules deviennent semblables si l'on y remplace par un seul symbole, Am, le groupe AzH^4, sur lequel Ampère a attiré l'attention des chimistes et que Berzelius a nommé l'ammonium. On peut dire que ce groupe composé, l'ammonium, fonctionne absolument comme un élément, comme un métal alcalin.

Le remplacement du chlore par le cyanogène, le remplacement du potassium ou du sodium par l'ammonium conservent l'analogie chimique entre les composés que ce remplacement transforme l'un en l'autre ; n'est-il pas naturel d'admettre qu'un pareil remplacement conserve également le type chimique, qu'il constitue une substitution, mais une substitution d'un groupement composé à un corps simple, du groupement CAz à l'élément Cl, du groupement AzH^4 à l'élément K ou à l'élément Na?

Dumas élargit donc la notion de type chimique en admettant que le type se conserve non seulement par la substitution d'un élément à un autre élément, mais encore par la substitution d'un groupe d'éléments à un élément, ou de deux groupes d'éléments l'un à l'autre. Cette extension,

Dumas en démontre la légitimité en faisant voir que, par l'action de l'acide nitrique sur un grand nombre de substances organiques, le groupe composé AzO^2 se substitue à un équivalent d'hydrogène exactement comme le ferait le chlore.

Cette généralisation de la notion de type devait bientôt recevoir une confirmation éclatante par la découverte des ammoniaques composées. Cette découverte fut faite en 1849 par Ad. Würtz.

En traitant l'acide cyanique par la potasse, on obtient de l'ammoniaque; en traitant de même l'éther cyanique par la potasse, Würtz obtint un liquide volatil, doué d'une odeur piquante analogue à celle de l'ammoniaque, bleuissant la teinture de tournesol, se combinant directement aux hydracides pour former des sels analogues aux sels ammoniacaux, se combinant aux oxacides avec élimination d'eau, pour former encore des combinaisons analogues aux sels ammoniacaux correspondants. Würtz regarda cette base comme de l'ammoniaque AzH^3 dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été déplacé et remplacé par un groupement complexe formé d'hydrogène et de carbone, le groupement C^2H^5, auquel les chimistes ont donné le nom d'*éthyle;* il donna à cette base le nom d'*éthylamine.*

Le groupe éthyle n'est pas le seul groupe formé de carbone et d'hydrogène qui puisse, dans l'ammoniaque, se substituer à un équivalent d'hydrogène; par un procédé analogue à celui qui lui avait servi à préparer l'éthylamine, Würtz a obtenu une foule d'autres bases analogues : la *méthylamine*, qui est de l'ammoniaque où le groupement CH^3, que l'on nomme le *méthyle*, a remplacé un équivalent d'hydrogène : la *propylamine*, où le groupement *propyle* C^3H^7 s'est substitué à l'hydrogène, etc... Toutes ces bases appartenaient au même type, le *type ammoniaque*, dont l'importance était ainsi mise en évidence; du premier coup, Wurtz donna à ce type une grande

extension en rattachant au groupe des ammoniaques substituées la plupart des alcaloïdes volatils que fournit la chimie organique.

Les travaux de M. Hofmann, succédant de près à ceux de Würtz, contribuèrent puissamment à préciser la notion du type ammoniaque et à corroborer la théorie des types chimiques.

Si sur l'ammoniaque AzH^3 nous faisons agir l'acide iodhydrique, nous obtenons une combinaison qui est l'iodure d'ammonium AzH^4I. L'action d'une base sur ce corps redonne l'ammoniaque.

Si au contraire, comme M. Hofmann le fit en 1850, nous traitons l'ammoniaque par l'éther iodhydrique, qui a pour formule C^2H^5I, nous obtenons un sel qui est à l'éthylamine de Würtz ce que l'iodure d'ammonium est à l'ammoniaque; c'est de l'iodure d'ammonium où le groupement éthyle C^2H^5 s'est substitué à l'hydrogène; ce corps a donc pour formule $Az\,(C^2H^5)\,H^3I$; c'est l'*iodure d'éthylammonium*. En traitant ce corps par une base, on obtient l'éthylamine de Würtz.

Mais, dans cette action de l'éther iodhydrique sur l'ammoniaque, nous n'obtenons pas seulement l'iodure d'éthylammonium ; nous obtenons aussi un sel qui dérive de l'iodure d'ammonium par substitution de *deux* groupes C^2H^5 à *deux* équivalents d'hydrogène: c'est l'iodure de *diéthylammonium*, qui a pour formule $Az(C^2H^5)^2H^2I$; traité par une base, cet iodure donne un corps analogue à l'éthylamine, mais qui dérive de l'ammoniaque par substitution de *deux* groupes C^2H^5 à *deux* équivalents d'hydrogène ; cette *diéthylamine* a pour formule $Az(C^2H^5)^2H$.

Les mêmes réactions donnent encore un *iodure de triéthylammonium*, $Az\,(C^2H^5)^3HI$, et une *tryéthylamine*, $Az(C^2H^5)^3$, qui dérivent de l'iodure d'ammonium et de l'ammoniaque par substitution de *trois* groupes éthyles à *trois* équivalents d'hydrogène.

Non seulement ces recherches enrichissent le type

ammoniaque par la découverte des amines deux fois et trois fois subtituées, mais encore elles mettent en évidence toute une série de combinaisons appartenant à un autre type, le *type iodhydrate d'ammoniaque*, ou *iodure d'ammonium*, AzH^4I. Nous avons vu comment l'action de l'éther iodhydrique sur l'ammoniaque fournissait des corps dérivant de celui-là par substitution de un, deux, ou trois groupements éthyles à un, deux, ou trois équivalents d'hydrogène. Il y a plus : cette même action nous fournit un corps dans lequel les *quatre* équivalents d'hydrogène de l'iodure d'ammonium ont été remplacés par *quatre* groupes éthyles ; c'est *l'iodure de tétréthylammonium* $Az(C^2H^5)^4I$.

Gehrhardt devait donner une nouvelle extension au type ammoniaque en y rattachant les corps qui forment la classe des *amides*. Les amides avaient été étudiées par Dumas qui les avait envisagées comme des sels ammoniacaux déshydratés. Si, par exemple, à l'acétate d'ammoniaque vous enlevez les éléments de l'eau H^2O, vous obtenez l'acétamide. Voici comment Gehrhardt rapprocha ces corps des amines découvertes par Würtz :

Qu'est-ce que le groupe éthyle, que nous avons vu se substituer à un équivalent d'hydrogène dans l'ammoniaque pour former l'éthylamine ? C'est ce qui reste lorsqu'on enlève à l'alcool un équivalent d'oxygène et un équivalent d'hydrogène ; car l'alcool a pour formule C^2H^6O ; c'est donc de l'éthyle C^2H^5 plus de *l'oxhydryle* OH. Prenons de même de l'acide acétique, qui a pour formule $C^2H^4O^2$, et enlevons-lui le groupe oxhydryle OH ; il reste un groupement qui a pour formule C^2H^3O, groupement que Gehrhardt nomme *l'acétyle* ; or, pour Gehrhardt, l'acétamide, c'est le composé qui dérive de l'ammoniaque par substitution du groupe acétyle à un équivalent d'hydrogène.

Plus généralement, si à un équivalent d'hydrogène de l'ammoniaque nous substituons le groupe qui, uni à OH, forme un alcool, nous avons une amine ; si nous substituons le groupe qui, uni à OH, forme un acide, nous avons une amide.

Cette idée de Gehrhardt trouva plus tard une puissante confirmation dans la découverte des *alcalamides*. Que, dans l'ammoniaque, on remplace un équivalent d'hydrogène par un reste d'alcool, par exemple par le groupe éthyle, et un autre équivalent d'ydrogène par un reste d'acide, par exemple par le groupe acétyle, et on obtiendra un corps dont les propriétés seront intermédiaires entre celles de l'éthylamine et celles de l'acétamide, ou, plutôt, participeront des unes et des autres. C'est une alcalamide.

En rattachant les amides au type ammoniaque, Gehrhardt mettait bien en lumière ce principe fondamental sur lequel nous avons insisté : que divers composés, pour appartenir au même type, n'ont pas besoin d'être analogues ; en effet, tandis que les amines sont des bases offrant avec l'ammoniaque d'étroites analogies, les amides au contraire ne partagent nullement les propriétés alcalines de l'ammoniaque.

Au moment où les travaux de Würtz et de M. Hofmann créaient une foule de composés dont les uns appartenaient au type ammoniaque, les autres au type iodure d'ammonium, les travaux non moins célèbres de M. Williamson sur la formation de l'éther par l'action de l'acide sulfurique sur l'alcool, venaient marquer l'importance d'un autre type, le *type eau*.

M. Williamson montra en 1851 que les propriétés de l'alcool et de l'éther s'interprétaient très aisément en regardant l'alcool comme de l'eau H^2O dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe éthyle ; l'éther, comme de l'eau dans laquelle les deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes éthyles ; en sorte que l'alcool doit être représenté par la formule $(C^2 H^5) HO$ et l'éther par la formule $(C^2 H^5)^2O$.

A l'appui de cette manière de voir on peut apporter de nombreuses preuves. On ne pourrait, ce me semble, en citer de plus frappante que celle qui consiste à traiter

l'alcool sodé par l'iodure d'un radical alcoolique, par exemple par l'iodure de méthyle. On obtient ainsi un corps, analogue à l'éther, que l'on nomme un éther mixte; c'est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe éthyle C^2H^5, et l'autre équivalent d'hydrogène par le groupe méthyle CH^3; la formule de ce corps est donc $(C^2H^5)(CH^3)O$.

M. Williamson ne se contenta pas de créer le type eau en y rattachant l'alcool, l'éther, les éthers mixtes; il y fit rentrer une grande partie des acides, des bases, des sels de la chimie minérale. L'acide azotique est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzO^2; la potasse est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène est remplacé par un équivalent de potassium; l'oxyde d'argent est de l'eau où deux équivalents d'argent se sont substitués à deux équivalents d'hydrogène; le nitrate d'argent est de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un équivalent d'argent, tandis que l'autre équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzO^2. On revenait ainsi aux idées que Davy et Dulong avaient émises sur la constitution des sels, idées que Liebig et Wöhler avaient nettement formulées en étudiant les combinaisons de l'acide benzoïque.

Le type eau devait bientôt être enrichi par Gehrhardt d'une nouvelle catégorie de corps dont M. Williamson avait conçu la possibilité. Qu'est-ce que l'alcool, pour M. Williamson? de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un groupe éthyle; qu'est-ce que l'éther? de l'eau dans laquelle deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes éthyles; qu'est-ce que l'acide acétique? de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un groupe acétyle C^2H^3O. Dès lors, ne peut-on concevoir un corps qui serait à l'acide acétique ce que l'éther est à l'alcool? qui serait de l'eau dont les deux équivalents d'hydrogène

seraient remplacés par deux groupes acétyles, et qui aurait pour formule $(C^2H^3O)^2O$? La réalisation de ce corps allait être provoquée par une découverte imprévue.

En 1850, tous les chimistes croyaient, avec Gehrhardt, que les acides monobasiques ne pouvaient exister à l'état anhydre; tous les anhydrides connus se rattachaient à des acides polybasiques. Or, en faisant réagir le chlore sec sur le nitrate d'argent également sec, H. Sainte-Claire Deville produisit l'acide azotique anhydre.

En présence de ce fait, Gehrhardt n'hésita pas à abandonner ses anciennes idées; il chercha à interpréter la découverte de Sainte-Claire Deville; pour lui, l'anhydride azotique est à l'acide azotique ce que l'éther est à l'alcool: c'est de l'eau dont les deux équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux groupes AzO^2. Sur cette interprétation Gehrhardt fonde, en 1851, une méthode générale propre à former les anhydrides des acides monobasiques. Veut-on, par exemple, obtenir l'acide acétique anhydre? On fera réagir le chlorure d'acétyle sur l'acétate d'argent; on aura ainsi le corps dont l'existence avait été prévue par M. Williamson.

Gehrhardt ne s'est pas contenté d'avoir élargi le type eau en y faisant rentrer la classe des anhydrides monobasiques; il a défini de nouveaux types; tel est le type *acide chlorhydrique*.

L'eau renferme deux équivalents d'hydrogène; il peut arriver qu'un seul de ces équivalents soit remplacé par un élément, comme dans la potasse; ou par un groupe d'éléments, comme dans l'acide nitrique, l'alcool, l'acide acétique. Il peut arriver aussi que ces deux équivalents d'hydrogène soient en même temps remplacés soit par deux éléments, comme dans l'oxyde d'argent; soit par un élément et un groupe d'éléments, comme dans le nitrate d'argent, l'acétate de potasse, l'alcool sodé; soit par deux groupes différents, comme dans l'éther acétique, dans les

éthers mixtes; soit enfin par deux groupes identiques, comme dans l'éther, l'anhydride azotique, l'anhydride acétique.

Rien de semblable dans l'acide chlorhydrique. Il renferme un seul équivalent d'hydrogène qui, dans les phénomènes de substitution, est toujours remplacé en une seule fois par un autre élément ou par un groupe d'éléments. Cet équivalent d'hydrogène est-il remplacé par un équivalent de sodium ? nous avons le chlorure de sodium ; par le groupe AzH^4 ? nous avons le chlorhydrate d'ammoniaque ; par le groupe C^2H^5 ? nous avons l'éther chlorhydrique; par le groupe C^2H^3O ? nous avons le chlorure d'acétyle.

L'acide chlorhydrique, l'eau, l'ammoniaque, l'iodure d'ammonium, tels sont, d'après Gehrhardt, les principaux types sous lesquels viennent se ranger toutes les combinaisons chimiques. La nomenclature est cependant loin d'être complète. Il est notamment un type que Gehrhardt ne mentionne pas et qui a pris cependant une importance capitale depuis que M. Kékulé nous a appris à regarder presque toutes les combinaisons organiques comme dérivées de ce type : c'est le *type méthane*, constitué par l'hydrogène protocarboné, dont la formule est CH^4.

La chimie minérale nous fournirait encore d'autres types ; mais nous les laisserons de côté, pensant que ce qui précède suffit à donner une idée nette de la notion de type chimique et de la manière dont elle s'est développée ; nous avons hâte d'arriver à une notion nouvelle et riche en conséquences. Nous voulons parler de la notion des *types condensés*.

IV

DES TYPES CONDENSÉS.

Les acides monobasiques avaient été, par M. Williamson, rapportés au type eau ; ils représentaient de l'eau dans laquelle un équivalent d'hydrogène avait été rem-

placé par un certain groupe d'éléments; ainsi l'acide azotique était de l'eau où un équivalent d'hydrogène avait été remplacé par le groupe AzO^2; l'acide acétique était de l'eau où un équivalent d'hydrogène avait été remplacé par le groupe C^2H^3O. Des deux équivalents d'hydrogène que renferme l'eau, une semblable substitution en laisse subsister un. Ce dernier peut à son tour être remplacé par un métal, tel que le potassium, le sodium, l'argent; ainsi se forment les sels.

S'il en est ainsi, un acide ne renferme qu'un seul équivalent d'hydrogène auquel un métal puisse se substituer pour former un sel; en sorte qu'un acide donné et un métal donné ne peuvent former qu'un seul sel. Or il n'en est pas toujours ainsi : prenons l'acide sulfurique et faisons-le agir sur la potasse; selon les circonstances, il fournira deux sels différents : l'un de ces sels renferme un équivalent d'hydrogène et un équivalent de potassium; l'autre renferme deux équivalents de potassium et ne renferme pas d'hydrogène. C'est ce qui fait dire que l'acide sulfurique est un *acide bibasique*.

De même, l'acide phosphorique ordinaire peut donner avec la potasse trois sels différents : l'un de ces sels renferme un équivalent de potassium et deux d'hydrogène; un autre renferme deux équivalents de potassium et un d'hydrogène; enfin un troisième renferme trois équivalents de potassium et point d'hydrogène. L'acide phosphorique ordinaire est un *acide tribasique*.

Mais comment rattacher au type eau des acides tels que l'acide sulfurique ou l'acide phosphorique? comment concevoir qu'après une première substitution qui a enlevé à l'eau un équivalent d'hydrogène, il reste encore dans le composé deux, trois équivalents d'hydrogène remplaçables par un métal? Il semble que ce soit chose bien difficile, sinon impossible; M. Williamson a résolu la difficulté.

Comment avons-nous conçu la formation d'un acide monobasique, de l'acide azotique par exemple? Nous avons

supposé que l'eau H^2O perdait un équivalent d'hydrogène et que cet équivalent était remplacé par le groupe AzO^2. Prenons maintenant non plus une fois, mais deux fois la formule de l'eau H^2O. A chacune de ces deux formules, enlevons un équivalent d'hydrogène, ce qui nous donnera deux groupes oxhydryles OH, et aux *deux* équivalents d'hydrogène enlevés, substituons *une seule fois* le groupe SO^2. Nous avons un composé $(SO^2)(OH)^2$ dont la composition sera celle de l'acide sulfurique ; dans ce composé, seront deux équivalents d'hydrogène provenant de l'eau d'où nous l'avons fait dériver, deux équivalents d'hydrogène tout à fait analogues à l'équivalent unique que renferme l'acide azotique ; l'existence de ces deux équivalents d'hydrogène met en évidence la double basicité de l'acide sulfurique.

De même, l'acide phosphorique s'obtiendra en prenant trois fois la formule de l'eau H^2O ; en enlevant à chacun de ces groupes H^2O un équivalent d'hydrogène et en substituant à ces *trois* équivalents d'hydrogène *un seul* groupe PhO ; la formule $PhO(OH)^3$ du composé ainsi obtenu met en évidence la triple basicité de l'acide phosphorique.

Voilà donc les acides polybasiques rattachés au type eau, mais au type eau plusieurs fois condensé, grâce à l'intervention d'un groupe d'éléments susceptible de se substituer seul à plusieurs équivalents d'hydrogène, enlevés à plusieurs groupes H^2O différents. Les acides bibasiques sont ainsi rattachés au type eau deux fois condensé ; deux groupes *oxhydryles* OH y sont rivés ensemble par un groupe unique. Les acides tribasiques sont rattachés au type eau trois fois condensé ; trois groupes oxhydryles OH y sont rivés par un groupe unique.

« M. Williamson a écrit cela en deux lignes (1) ; mais combien cette idée si simplement énoncée a été féconde en

(1) Ad. Würtz, *La Théorie atomique*, p. 145.

développements! » L'idée de M. Williamson, issue elle-même de la notion de basicité, devait bientôt conduire à une des plus grandes découvertes qui aient été faites en chimie : nous voulons parler de la découverte du glycol.

En 1854, M. Berthelot concluait un important travail sur les éthers de la glycérine par les paroles suivantes : « Ces faits nous montrent que la glycérine présente, vis-à-vis de l'alcool, précisément la même relation que l'acide phosphorique vis-à-vis de l'acide azotique. En effet, tandis que l'acide azotique ne produit qu'une série de sels neutres, l'acide phosphorique en produit trois : les phosphates ordinaires, les pyrophosphates, les métaphosphates...

» De même, tandis que l'alcool ne produit qu'une seule série d'éthers neutres, la glycérine donne naissance à trois séries distinctes de combinaisons neutres. »

Les faits constatés par M. Berthelot étaient exacts; l'interprétation qu'il en proposait était erronée: les trois séries d'éthers de la glycérine dérivent d'une seule et même glycérine, et non de trois glycérines différentes comparables aux acides orthophosphorique, pyrophosphorique et métaphosphorique ; ces trois séries d'éthers sont comparables non pas aux orthophosphates, pyrophosphates et métaphosphates, mais aux orthophosphates acides, orthophosphates neutres et orthophosphates basiques. L'acide orthophosphorique, nous l'avons vu, est formé de trois groupes oxhydryles OH rivés ensemble par le groupe PhO. Si l'on remplace un équivalent d'hydrogène par un équivalent de potassium dans un de ces groupes OH, on a l'orthophosphate acide de potassium; dans deux de ces groupes, on a l'orthophosphate neutre de potassium ; dans trois de ces groupes, on a l'orthophosphate basique de potassium. De même, la glycérine appartient au type eau trois fois condensé ; elle est formée de trois oxhydryles OH, rivés ensemble par le groupe C^3H^5 ; dans chacun de ces oxhydryles, l'hydrogène peut être remplacé par un groupe alcoolique, par exemple

par l'éthyle C^2H^5; selon qu'une semblable substitution sera effectuée dans un, deux, ou trois de ces groupes, nous obtiendrons trois éthers différents. Telle est l'interprétation qu'en 1855, Ad. Würtz proposa des faits observés par M. Berthelot.

L'alcool et la glycérine sont comparables à l'acide azotique et à l'acide phosphorique. L'alcool est une seule fois alcool comme l'acide azotique est une seule fois acide; la glycérine est trois fois alcool comme l'acide phosphorique est trois fois acide. Pour confirmer cette manière de voir, il fallait former un corps qui fût à l'alcool ce que l'acide sulfurique est à l'acide azotique; qui fût deux fois alcool comme l'acide sulfurique est deux fois acide. Ce corps, Würtz chercha à le former et y réussit : c'est le glycol, découvert en 1856.

D'après les idées de M. Williamson sur la constitution des acides polybasiques, de Würtz sur la constitution de la glycérine, de quelle manière doit-on chercher à former un corps qui soit deux fois alcool? On doit chercher un groupe composé de carbone et d'hydrogène qui soit capable de se substituer à deux équivalents d'hydrogène et, par là, de river ensemble deux groupes OH. Or il existe un corps formé de carbone et d'hydrogène qui semble présenter les caractères requis; ce corps, c'est le gaz *éthylène*, dont la composition est représentée par la formule C^2H^4. Ce gaz se combine directement avec deux équivalents de chlore pour former un liquide huileux bien connu sous le nom de *liqueur des Hollandais*. On peut regarder la liqueur des Hollandais comme de l'acide chlorhydrique deux fois condensé par substitution du groupe éthylène à deux équivalents d'hydrogène. Le groupe éthylène apparait donc comme un de ces groupes, analogues au groupe SO^2, qui sont susceptibles de se substituer à deux équivalents d'hydrogène.

Prenons donc l'éthylène pour point de départ; combinons-le avec deux équivalents de brome ou d'iode pour

former la liqueur des Hollandais bromée ou iodée; saponifions celle-ci par l'oxyde d'argent et nous obtenons le corps $C^2H^4(OH)^2$; c'est le corps deux fois alcool, l'intermédiaire entre l'alcool et la glycérine cherché par Würtz; c'est le glycol.

V

DE LA VALENCE.

La découverte d'un corps n'a aucun intérêt au point de vue de la science chimique si elle n'est l'occasion de ruiner une théorie fausse, de confirmer une théorie juste, ou d'introduire une conception nouvelle. L'importance d'un fait nouveau se mesure à l'évolution que la connaissance de ce fait imprime aux idées. D'après cette règle, il est, en chimie, peu de corps dont la découverte ait été aussi importante que celle du glycol. De là est issue la notation moderne; par quelle élaboration, c'est ce que nous allons examiner.

La découverte du glycol a fait éclater aux yeux de tous le caractère que possèdent certains groupes, comme l'éthylène, de se substituer à deux équivalents d'hydrogène empruntés soit à deux HCl différents, soit à deux H^2O différents, et de river ensemble les deux équivalents de chlore restants, ou les deux groupes OH restants. Ce caractère, déjà signalé par M. Williamson comme appartenant au groupe SO^2 et comme expliquant la double basicité de l'acide sulfurique, distingue profondément ces groupes des groupes tels que AzO^2, C^2H^5, C^2H^3O, qui ne peuvent se substituer qu'à un équivalent d'hydrogène, soit dans l'acide chlorhydrique, soit dans l'eau. Ces dernières substitutions engendrent des produits qui appartiennent au type même dont ils sont issus, au type acide chlorhydrique, au type eau. Au contraire, les premières substitutions engendrent des produits qui appartiennent

non pas au type même dont ils sont issus, mais à ce type deux fois condensé, au type acide chlorhydrique deux fois condensé, au type eau deux fois condensé. Reprenant, sous une forme plus précise, une expression déjà employée par Milon et par Malaguti, Würtz nomme les premiers groupements des *groupements monoatomiques*, les seconds des *groupements diatomiques;* plus tard, il a proposé de remplacer ces dénominations par celles de *groupements univalents, groupements bivalents;* ce sont ces dernières expressions que nous adopterons; nous dirons donc que les groupements AzO^2, C^2H^5, C^2H^3O, sont des groupements univalents; que les groupements SO^2, C^2H^4, sont des groupements bivalents.

Le groupement PhO, que nous avons rencontré en étudiant l'acide phosphorique; le groupement C^3H^5, que nous avons cité à l'occasion de la glycérine, possèdent la propriété de pouvoir se substituer à trois équivalents d'hydrogène différents, pris dans trois HCl différents ou dans trois H^2O différents; de donner ainsi des combinaisons qui appartiennent non pas au type acide chlorhydrique ou au type eau, mais au type acide chlorhydrique trois fois condensé ou au type eau trois fois condensé. Le groupement PhO, le groupement C^3H^5, sont donc, dans l'acide phosphorique ou dans la glycérine, des *groupements trivalents*.

Poursuivons les conséquences de ces idées.

Comment M. Williamson est-il arrivé à opposer au type eau le type eau deux fois condensé? Il a vu l'acide azotique qui renferme un seul équivalent d'hydrogène remplaçable par un métal alcalin, et qui fournit une seule série de sels; il a vu l'acide sulfurique qui renferme deux équivalents d'hydrogène remplaçables par un métal alcalin, et qui fournit deux séries de sels, selon qu'un ou deux équivalents d'hydrogène sont remplacés par le métal; de cette opposition est née l'idée que, de même que l'acide azotique dérivait du type eau, l'acide sulfurique dérivait du type eau deux fois condensé.

Or, comparons l'action de l'eau sur les métaux avec l'action de l'acide chlorhydrique. L'acide chlorhydrique renferme un seul équivalent d'hydrogène auquel puisse se substituer un équivalent d'un métal tel que le potassium, le sodium; agissant sur ces métaux, il formera une seule série de sels, le chlorure de potassium, le chlorure de sodium. L'eau, au contraire, renferme deux équivalents d'hydrogène dont chacun peut être remplacé par un métal tel que le potassium, le sodium, l'argent; si un seul équivalent d'hydrogène est remplacé par un métal, nous obtenons une première série de composés, les oxydes hydratés, tels que la potasse, la soude; si les deux équivalents d'hydrogène sont remplacés par deux équivalents métalliques, nous obtenons une seconde série de composés, les oxydes anhydres, tels que l'oxyde d'argent.

Cette opposition entre l'acide chlorhydrique et l'eau n'est-elle pas tout à fait analogue à celle qui existe entre un acide monobasique et un acide bibasique? Ne sommes-nous pas naturellement amenés à regarder l'eau comme appartenant au type acide chlorhydrique deux fois condensé, comme dérivant de deux groupes HCl par substitution d'un seul équivalent d'oxygène à deux équivalents de chlore? Ne sommes-nous pas autorisés à dire que, dans l'acide chlorhydrique, le chlore est un *élément univalent;* que, dans l'eau, l'oxygène est un *élément bivalent?*

De même l'ammoniaque peut être regardée comme appartenant au type acide chlorhydrique trois fois condensé; elle dérive de trois groupes HCl par substitution d'un équivalent d'ammoniaque à trois équivalents de chlore; dans l'ammoniaque, l'azote est un *élément trivalent.*

Le méthane peut être regardé comme appartenant au type acide chlorhydrique quatre fois condensé; un équivalent de carbone s'est substitué à quatre équivalents de chlore, empruntés à quatre HCl différents; dans le méthane, le carbone est un *élément quadrivalent.*

L'iodure d'ammonium peut être regardé comme dérivant,

par substitution d'un équivalent d'iode à un équivalent d'hydrogène, du corps *idéal* AzH^5, qui est l'*hydrure d'ammonium*. L'hydrure d'ammonium peut être rattaché au type acide chlorhydrique cinq fois condensé : prenez cinq HCl différents ; substituez aux cinq équivalents de chlore qu'ils renferment un seul équivalent d'azote, et vous aurez l'hydrure d'ammonium ; dans ce corps, dans l'iodure d'ammonium, dans le chlorhydrate d'ammoniaque, l'azote est un *élément quintivalent*.

Tous les types dont nous avons parlé se trouvent ainsi ramenés soit au type acide chlorhydrique, soit au type acide chlorhydrique condensé deux, trois, quatre, cinq fois. D'autres types encore existent, qui tous peuvent se ramener au type acide chlorhydrique condensé un certain nombre de fois.

Cela posé, considérons un type chimique quelconque, formé par l'union de deux éléments ou de deux groupes d'éléments *a* et *b* ; si ce type est le type acide chlorhydrique, *a* ce sera Cl et *b* ce sera H ; si ce type est le type eau, *a* ce sera O, et *b* ce sera H^2 ; etc.... Ce type correspond au type acide chlorhydrique condensé *n* fois ; on dit alors que chacun des deux groupes *a* et *b* est, dans ce composé *ab*, *n-valent;* on dit également qu'en s'unissant pour former le composé *ab, chacun des deux groupes* a *et* b *échange avec l'autre* n *valences;* et l'on écrit la formule de ce composé en traçant *n* traits entre les deux groupes *a* et *b*.

Ainsi, dans l'acide chlorhydrique, un équivalent d'hydrogène échange, avec un équivalent de chlore, une valence ; la formule de l'acide chlorhydrique s'écrit H—Cl. Dans l'eau, un équivalent d'oxygène échange, avec deux équivalents d'hydrogène, deux valences ; la formule de l'eau s'écrit $H^2 = O$. Dans l'ammoniaque, un équivalent d'azote échange, avec trois équivalents d'hydrogène, trois valences ; la formule de l'ammoniaque s'écrit $Az \equiv H^3$. Dans le méthane, un équivalent de carbone échange, avec quatre équivalents d'hydrogène, quatre valences ; la formule

du méthane s'écrit $C \equiv H^4$. Dans l'iodure d'ammonium, un équivalent d'azote échange, avec le groupe H^4I, cinq valences; la formule de l'iodure d'ammonium s'écrit $Az \equiv H^4I$.

On représentera encore d'une manière plus explicite que l'oxygène, l'azote, le carbone, ont remplacé le chlore de deux, trois, quatre, cinq groupes HCl, en écrivant

$$H-O-H, \qquad Az\begin{cases} H \\ H \\ H \end{cases}, \qquad H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-H, \qquad \begin{matrix} H & & H \\ & \diagdown\ \diagup & \\ & Az & -I \\ & \diagup\ \diagdown & \\ H & & H \end{matrix}$$

Chacun des traits marque ainsi la place de l'un des équivalents de chlore remplacés par substitution et signale l'équivalent d'hydrogène qui lui était uni.

Considérons maintenant une combinaison appartenant au type *ab;* elle est formée par la substitution d'un élément ou d'un groupe d'éléments A au groupe *a;* d'un élément ou d'un groupe d'éléments B au groupe *b*. On dira encore que, dans le composé AB, les deux groupes A et B échangent *n* valences, et l'on écrira la formule du composé en plaçant *n* traits entre A et B.

Prenons, par exemple, la *triéthylphosphine;* c'est un corps qui dérive de l'ammoniaque par substitution d'un équivalent de phosphore à un équivalent d'azote et de trois groupes éthyles C^2H^5 à trois équivalents d'hydrogène. On dira donc que, dans ce corps, un équivalent de phosphore échange trois valences avec le groupe $(C^2H^5)^3$. La formule de la triéthylphosphine s'écrira :

$$Ph \equiv (C^2H^5)^3 \quad \text{ou} \quad Ph\begin{cases} C^2H^5 \\ C^2H^5 \\ C^2H^5 \end{cases}$$

On voit que le type auquel appartient une combinaison est maintenant représenté par le nombre de valences qu'échan-

gent entre elles les deux portions dont l'union est censée former cette combinaison.

Ce mode de représentation présente immédiatement un premier avantage. Considérons le type ammoniaque ; nous rangeons dans ce type un certain nombre de combinaisons, par exemple le protochlorure de phosphore $PhCl^3$, que nous faisons dériver de l'ammoniaque par substitution d'un équivalent de phosphore à un équivalent d'azote et de trois équivalents de chlore à trois équivalents d'hydrogène. Mais il est évident que chacune des combinaisons que nous avons rangées dans le type ammoniaque peut, à son tour, être prise pour la combinaison type, dont toutes les autres dérivent alors par substitution. Par exemple, nous pouvons prendre pour type le protochlorure de phosphore, et dire que l'ammoniaque en dérive par substitution d'un équivalent d'azote à un équivalent de phosphore et de trois équivalents d'hydrogène à trois équivalents de chlore. Il y a donc quelque chose de très arbitraire dans cette opération qui consiste à choisir, parmi toutes les combinaisons appartenant à un même type, celle qui servira à *personnifier* le type.

Cette importance arbitrairement donnée à une combinaison, parmi toutes celles qui dérivent d'un même type, est évitée par la notation des valences. Toutes les combinaisons appartenant à un même type sont alors marquées par un même caractère, sans qu'on ait à faire jouer à aucune d'elles un rôle particulier ; et ce caractère commun mis en évidence, c'est précisément ce que le type considéré a d'essentiel : à savoir, la condensation qu'il faut faire subir au type acide chlorhydrique pour en faire dériver ce type-là.

Mais l'introduction de la notion de valence a encore d'autres avantages d'une importance bien plus considérable ; nous allons examiner quels sont ces avantages.

VI

DE LA FORMULE DÉVELOPPÉE OU FORMULE DE CONSTITUTION.

Il y a, dans l'opération par laquelle on rapporte une combinaison à un type donné, quelque chose d'arbitraire et d'indéterminé; car une même combinaison peut être rapportée à plusieurs types différents.

Prenons, par exemple, la *méthylamine*. Nous pouvons la regarder comme de l'ammoniaque dans laquelle un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe méthyle CH^3; nous la rapportons alors au type ammoniaque. Nous pouvons aussi la regarder comme du méthane dans lequel un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzH^2; nous la rapportons alors au type méthane.

Prenons un exemple un peu plus compliqué : *l'iodhydrate de méthylamine*. Nous pouvons le regarder comme de l'iodure d'ammonium dans lequel un équivalent d'hydrogène est remplacé par le groupe méthyle; nous le rangeons alors dans le type iodure d'ammonium. Nous pouvons le regarder comme du méthane dans lequel un équivalent d'hydrogène a été remplacé par le groupe AzH^3I; nous le rapportons alors au type méthane. Nous pouvons enfin le regarder comme de l'acide iodhydrique dans lequel un équivalent d'hydrogène est remplacé par le méthylammonium $AzH^3(CH^3)$; nous le rapportons alors au type acide chlorhydrique.

Prenons encore un troisième exemple, l'*azotate de potasse*. Nous pouvons regarder ce corps comme de l'eau où un équivalent d'hydrogène a été remplacé par du potassium et l'autre par le groupe AzO^2; nous le rapportons alors au type eau. Nous pouvons le regarder comme du chlorure de potassium où le chlore a été remplacé par le groupe AzO^3; nous le rapportons alors au type acide

chlorhydrique. Nous pouvons le regarder comme de l'hydrure d'ammonium où quatre équivalents d'hydrogène ont été remplacés par deux d'oxygène et où le cinquième a été remplacé par le groupe OK; nous le rapportons alors au type hydrure d'ammonium.

Tous les corps donneraient lieu à des considérations analogues à celles que nous venons de développer sur ces exemples particuliers. Tout corps pourra être, de diverses manières, scindé par la pensée en éléments ou en groupes d'éléments, et ces diverses manières de le découper le feront, en général, dériver de types différents.

Entre ces diverses manières d'envisager le composé, il faudra en choisir une, qui déterminera le type auquel le composé sera rapporté. Mais ce choix n'est pas sans inconvénient. En effet, chacune des manières dont on peut rattacher un composé à un type a l'avantage de mettre en lumière certaines des relations que ce composé présente avec les autres corps, et le désavantage de laisser dans l'ombre certaines autres relations.

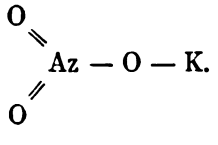
Prenons, par exemple, l'iodhydrate de méthylamine ; en le rapportant au type hydrure d'ammonium, nous mettons bien en évidence ses relations avec l'ammoniaque, mais nous dissimulons ses rapports avec le méthane, avec l'alcool méthylique. En le rapportant au type méthane, nous mettons en évidence ces dernières relations, mais nous dissimulons ses analogies avec les sels alcalins.

C'est ici qu'intervient la notation nouvelle, fondée sur l'idée de l'échange des valences. Ce choix arbitraire et défectueux entre les divers types auxquels un composé peut être rapporté, elle nous donne le moyen de ne pas le faire.

Qu'est-ce, en effet, que faire rentrer un composé dans un type déterminé? C'est prendre en particulier un élément ou un groupe d'éléments appartenant à ce composé, dire combien cet élément ou ce groupe d'éléments échange de valences avec le reste du composé et comment s'effec-

tuent ces échanges. Par exemple, lorsque je dis que l'azotate de potasse appartient au type eau, où un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un équivalent de potassium, et un autre par le groupe AzO^2, je dis que l'azotate de potasse renferme un équivalent d'oxygène bivalent, qui échange une valence avec le potassium et une autre valence avec le groupe AzO^2. Lorsque je regarde ce corps comme dérivant de l'hydrure d'ammonium par substitution de deux équivalents d'oxygène à quatre équivalents d'hydrogène et du groupe OK au cinquième équivalent d'hydrogène, je dis que, dans l'azotate de potasse, l'azote est un élément quintivalent qui échange quatre valences avec deux équivalents d'oxygène, et une cinquième avec le groupe OK. Lorsque je rapporte l'azotate de potasse au type chlorure de potassium, j'entends exprimer que le potassium que renferme ce sel est univalent et échange sa valence unique avec le groupe AzO^2.

Mais ce que nous venons de dire ne suggère-t-il pas immédiatement l'idée suivante : *mettre en évidence le nombre de valences de chacun des éléments qui figurent dans le composé et la manière dont ces valences s'échangent deux à deux?* Ainsi, pour l'azotate de potasse, nous marquerons que l'azote est quintivalent dans ce composé; que chacun des équivalents d'oxygène y est bivalent; que le potassium y est univalent; que deux des équivalents d'oxygène échangent chacun deux valences contre deux valences de l'azote; que le troisième équivalent d'oxygène échange une valence contre la cinquième valence de l'azote et l'autre valence contre la valence unique du potassium. Nous représenterons donc l'azotate de potasse par le symbole suivant :



Ce symbole ne rapporte plus l'azotate de potasse à aucun type en particulier ; mais il met immédiatement en évidence tous les types auxquels l'azotate de potasse peut être rapporté. En effet, les diverses manières d'envisager l'azotate de potasse conduiront à écrire ce sel

$$O \begin{cases} AzO^2 \\ K \end{cases},$$

si on le rapporte au type eau ; à l'écrire

$$Az \begin{cases} O^2 \\ OK \end{cases},$$

si on le rapporte au type hydrure d'ammonium ; à l'écrire

$$AzO^3 - K,$$

si on le rapporte au type acide chlorhydrique ; et l'on voit sans peine que tout ce que chacune de ces formules exprime est complètement exprimé par la formule que nous avons écrite en premier lieu ; cette formule se nommera la *formule développée* ou la *formule de constitution* du nitrate de potasse.

Donnons, pour plus de clarté, quelques autres exemples de formules développées.

Nous avons vu que la *méthylamine* pouvait être rapportée au type ammoniaque, ce qui conduirait à la représenter par la formule

$$Az \begin{cases} (CH^3) \\ H \\ H \end{cases}.$$

Nous avons vu aussi qu'elle pouvait être rapportée au

type méthane, ce qui conduirait à la représenter par la formule

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H - C - (AzH^2). \\ | \\ H \end{array}$$

Tout ce qu'expriment ces deux formules se retrouvera dans le symbole

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H - C - Az \begin{array}{l} H \\ H \end{array} , \\ | \\ H \end{array}$$

qui est la formule développée de la méthylamine.

Nous avons vu que l'*iodhydrate de méthylamine* pouvait être rapporté au type hydrure d'ammonium, ce qui conduirait à la formule

$$Az \begin{array}{l} (CH^3) \\ H \\ H \\ H \\ H \end{array} ;$$

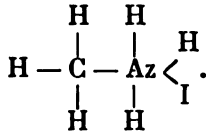
au type méthane, ce qui conduirait à la formule

$$C \begin{array}{l} (AzH^3I) \\ H \\ H \\ H \end{array} ;$$

au type acide chlorhydrique, ce qui conduirait à la formule

$$(CH^3AzH^3) - I.$$

Tout ce qu'expriment ces diverses formules se retrouve dans la formule développée



La formule développée d'un corps a donc pour effet de mettre en évidence tous les types auxquels ce corps peut être rattaché.

De là, une première conséquence :

Lorsqu'on connaît la formule développée d'un corps, on voit immédiatement les divers corps auxquels il pourra donner naissance par voie de substitution ; en sorte que l'on peut classer, et souvent prévoir, les réactions auxquelles ce corps donnera lieu. Il y a plus : cette formule développée, comparée aux formules développées d'autres corps, fait voir par quelles substitutions il est possible de passer de ceux-ci à celui-là. Or, les progrès de la science ont souvent doté la chimie de méthodes propres à effectuer une substitution donnée. Il en résulte que, lorsqu'on connaîtra la formule de constitution d'un corps, on sera souvent en état de reproduire ce corps au moyen d'autres corps que l'on possède déjà, en un mot d'effectuer *une synthèse*.

Cette aptitude de la formule développée à indiquer la voie propre à réaliser la synthèse systématique d'un corps donné est l'un des grands titres de la notation chimique actuelle à notre admiration. C'est par là qu'elle a provoqué d'innombrables découvertes qui enrichissent chaque jour l'industrie de nouveaux produits. Donner ici des exemples de ces synthèses, ce serait entrer dans l'étude détaillée de la chimie, plus que ne le comportent et les dimensions de cet article et le programme de la *Revue*. Contentons-nous de mentionner deux des plus remar-

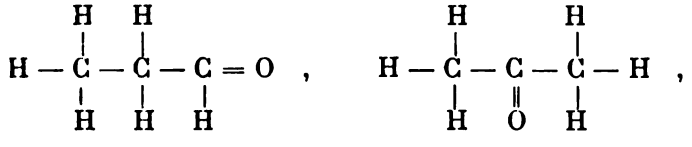
quables de ces synthèses prévues et voulues : la synthèse de l'acide citrique par MM. Grimaux et Adam, et la synthèse de l'indigotine par M. Bæyer.

Mais laissons de côté cette portée pratique de la formule développée ; aussi bien, sa fécondité éclate à tous les yeux de telle manière qu'il serait puéril de s'attarder à la prouver. Il est une autre conséquence, théorique celle-ci, à laquelle conduit la nouvelle notation, et c'est sur cette conséquence que nous voudrions appeler l'attention du lecteur.

Deux corps peuvent avoir la même formule brute et des formules développées différentes. Ce seront alors deux corps distincts, bien que de même composition ; pour les obtenir, il faudra des réactions différentes, des substitutions différentes; de tels corps sont *isomères* l'un de l'autre.

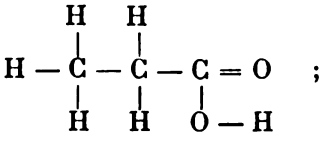
L'isomérie entre deux corps peut, elle-même, être de deux espèces différentes.

Prenons les deux corps dont les formules développées sont :



dont le premier est l'*aldéhyde propionique,* tandis que le second est l'*acétone.*

Soumettons le premier à une action oxydante ; l'hydrogène relié à l'équivalent de carbone qui porte déjà un équivalent d'oxygène va être remplacé par le groupe OH ; nous obtiendrons un corps dont la formule développée sera



ce corps renferme le groupe COOH, qui caractérise les acides organiques; c'est un acide, l'*acide propionique*.

Soumettons de même l'acétone à une action oxydante; rien de semblable ne pourra se produire, car aucun équivalent d'hydrogène n'est directement uni à l'équivalent de carbone qui se relie à l'oxygène; aussi l'acétone, soumis à une action oxydante, se dédouble en acide acétique et acide formique.

Voilà un premier exemple d'isomérie; entre les deux isomères, il y a différence de fonction chimique; dans les mêmes circonstances, ils éprouvent des réactions chimiques différentes.

Voici maintenant un cas d'isomérie tout différent : c'est celui où deux composés formés des mêmes éléments, rangés d'une manière différente, peuvent toujours subir des substitutions semblables; de telle sorte que, dans des circonstances chimiques semblables, ces deux composés subiront des réactions semblables; mais les produits résultant de ces réactions semblables seront non pas des corps identiques, mais encore des corps isomères comme ceux dont on est parti. De cette *isomérie de position*, les dérivés de la benzine offrent de saisissants exemples; l'étude de ces exemples exigerait malheureusement de trop longs préliminaires pour qu'il nous soit possible de la développer ici.

Cette représentation des corps isomères et, en particulier, des isomères de position, est l'une des plus belles conséquences de l'emploi des formules de constitution.

Nous venons d'esquisser les principes de la notation par laquelle les chimistes représentent et classent les innombrables composés qu'ils ont à étudier.

Nous avons vu que les fondements de cette notation étaient constitués par les deux idées d'*analogie chimique* et de *substitution chimique*. Ces deux idées ne sont, ni l'une ni l'autre, susceptibles d'une définition à la manière

de celles que donne le géomètre; en sorte que les discussions entre chimistes ne peuvent être tranchées par une suite de syllogismes aboutissant à une réduction à l'absurde.

L'analogie chimique trouve sa représentation dans la *formule brute,* édifice qui a pour matériaux les *poids équivalents* des divers éléments. Pour représenter la manière dont divers corps peuvent dériver les uns des autres par des substitutions, il est nécessaire de faire appel à la *formule développée,* combinaison où figurent à la fois les poids équivalents des éléments et le *nombre des valences* qu'ils échangent deux à deux.

Telles sont les notions fondamentales sur lesquelles repose ce qu'on a appelé la *notation atomique.*

VII

DES HYPOTHÈSES ATOMISTIQUES.

Nous avons tracé les principes sur lesquels repose la notation atomique et nous n'avons pas même fait usage du mot *atome.* Deux fois, des mots dérivés de celui-là se sont rencontrés sous notre plume : la première fois, c'était le mot *poids atomique;* la seconde fois, c'était le mot *atomicité;* mais nous les avons rejetés et remplacés, l'un, par le mot *poids équivalent;* l'autre, par le mot *valence.*

Cependant, bien que nous n'ayons invoqué ni le nom, ni l'idée d'atome dans la théorie que nous venons de développer, c'est en réalité au moyen d'hypothèses sur la constitution atomique de la matière que cette théorie a été constituée.

Voici un corps simple, par exemple un morceau de cuivre. Il nous apparaît comme remplissant d'une manière continue un certain volume. Ce volume est divisible par la pensée en deux parties, celles-ci en deux autres, les

parties résultantes encore en deux, et ainsi de suite à l'infini. Nous ne voyons rien qui empêche chacun des volumes, si petit soit-il, que nous obtenons de la sorte, d'être un morceau de cuivre semblable à celui que nous imaginons, comme lui rempli de cuivre d'une manière continue.

Pour certaines écoles philosophiques, il est certain, évident même, qu'il en doit être ainsi; qu'un corps est divisible à l'infini. Descartes, par exemple, qui identifie la matière et l'étendue géométrique, ne peut refuser à la matière l'infinie divisibilité qui appartient incontestablement à l'étendue géométrique.

Pour d'autres écoles philosophiques, il est non moins certain, non moins évident qu'il n'en peut pas être ainsi; admettre que la matière est divisible à l'infini est une absurdité. La continuité que nous croyons reconnaître dans notre fragment de cuivre est, selon ces philosophes, une illusion. Notre morceau de cuivre est formé d'éléments que nous nommerons atomes; ces éléments sont séparés les uns des autres, de telle manière qu'un volume de dimensions accessibles à nos moyens d'expérience en renferme un nombre extrêmement considérable, mais fini. On pourrait donc pousser assez loin la division du volume occupé par notre morceau de cuivre pour que chacun des volumes partiels obtenus contînt un seul atome. Arrivés à ce terme, nous pourrions pousser plus loin la division idéale du volume occupé par le cuivre, mais non la division physique du cuivre; l'élément que nous avons isolé est maintenant insécable.

Qu'est-ce que cet élément, et pourquoi est-il insécable? Les diverses doctrines métaphysiques résolvent cette question d'une manière différente.

Pour les uns, cet élément ultime de la matière n'est pas étendu; il est un véritable *point*, dénué de toute dimension; c'est un être simple, qui n'est pas composé de parties et ne peut par conséquent être divisé.

Pour les autres, cet élément ultime de la matière occupe une certaine étendue ; mais ce caractère d'être étendu, d'avoir une forme, ne l'empêche pas d'être constitué par un être unique, qui ne peut se diviser, c'est-à-dire devenir deux êtres.

Mentionnons encore une troisième solution, celle des *atomes-tourbillons* de sir W. Thomson, synthèse singulière de la théorie cartésienne de la matière et des théories atomistiques, trop compliquée pour que nous puissions l'exposer ici sans allonger cet article d'une manière démesurée.

Prenons maintenant deux corps simples, par exemple le cuivre et le soufre, et combinons-les ; que voyons-nous? Deux corps différents, remplissant d'une manière continue deux volumes différents, se sont transformés en un troisième corps, remplissant un volume d'une manière continue, et possédant des propriétés qui ne sont plus ni celles du soufre, ni celles du cuivre ; en d'autres termes, il n'y a plus ni soufre ni cuivre, il n'y a plus que du sulfure de cuivre.

Tous ces résultats immédiats de l'observation, pour les philosophes atomistes, ne sont encore qu'illusion. Lorsque le soufre et le cuivre se combinent, ni le soufre, ni le cuivre ne cessent d'exister ; leurs atomes sont impérissables. Les atomes du soufre et ceux du cuivre viennent simplement se ranger les uns auprès des autres, se grouper d'une certaine manière ; c'est à ce groupement que l'on donne le nom de *molécule;* la nature et le nombre des atomes qui se juxtaposent pour former la molécule, la manière dont ils sont disposés caractérisent les propriétés du composé.

De là, comme l'a montré Dalton, se déduisent aisément les lois fondamentales de la chimie.

Chaque atome a une masse invariable ; dans l'acte de

la combinaison, aucun atome n'est détruit, aucun atome n'est créé ; par conséquent la masse de la combinaison est égale à la somme des masses qui ont servi à la former.

Dans une combinaison déterminée de deux corps, la molécule est toujours formée d'un nombre déterminé d'atomes du premier corps et d'un nombre déterminé d'atomes du second ; par conséquent les masses de deux corps qui s'unissent pour former une combinaison déterminée sont toujours entre elles dans un rapport déterminé : c'est la loi des proportions définies.

Deux mêmes corps peuvent former des combinaisons différentes. Mais la molécule de chacune de ces combinaisons renfermera toujours un nombre entier, généralement simple, d'atomes du premier corps, et un nombre entier, généralement simple, d'atomes du second corps : de là résulte immédiatement la loi des proportions multiples.

En d'autres termes, quand deux corps se combinent, les masses qui s'unissent sont entre elles comme les masses des atomes de ces deux corps, ou comme les produits de ces dernières masses par des nombres entiers généralement simples.

Quelle sera la cause de l'analogie chimique entre deux corps ? un groupement semblable d'un même nombre d'atomes de nature différente ; en sorte que les molécules de deux composés analogues seront des édifices semblables construits avec des matériaux dissemblables.

Cette similitude de forme et de structure de la molécule se traduira extérieurement par la similitude de forme du polyèdre cristallin : de là la loi de l'isomorphisme, que Mitscherlich énonce dans la phrase suivante, toute imprégnée des idées que nous exposons en ce moment :

« Le même nombre d'atomes, combinés de la même manière, produit la même forme cristalline ; et la même forme cristalline est indépendante de la nature chimique des atomes et n'est déterminée que par le nombre et la position relative des atomes. »

Dès lors, qu'est-ce que le poids équivalent d'un corps simple? C'est le rapport entre la masse de l'atome de ce corps et la masse de l'atome d'hydrogène ; par exemple, le poids équivalent de l'oxygène est 16, parce que la masse de l'atome d'oxygène est 16 fois plus grande que la masse de l'atome d'hydrogène; de là le nom de *poids atomique* employé pour désigner le poids équivalent.

Qu'est-ce que la formule chimique d'un composé? C'est l'indication du nombre et de la nature des atomes qui se groupent entre eux pour former une molécule du composé. Aussi donne-t-on constamment à cette formule le nom de *molécule;* on dit que HCl représente une molécule d'acide chlorhydrique; que H^2O représente une molécule d'eau. La somme des poids équivalents qui sont réunis dans une même formule chimique représente le rapport de la masse de cette molécule à la masse d'un atome d'hydrogène; aussi lui donne-t-on le nom de *poids moléculaire;* c'est ainsi que 36,5 est le poids moléculaire de l'acide chlorhydrique; que 18 est le poids moléculaire de l'eau.

Telle est l'hypothèse atomique de Dalton; elle cadre bien avec les premières lois, les premières notions de la chimie ; il s'agit maintenant de la compléter de telle manière qu'elle embrasse toute cette branche de la chimie que Dumas a créée en concevant la notion de *substitution*.

Chaque atome possède une ou plusieurs *atomicités;* l'atomicité, c'est ce par quoi un atome peut s'attacher à un autre atome; ou, plutôt, pour que deux atomes s'unissent, il faut qu'un certain nombre d'atomicités du premier se joignent chacune à chacune avec un nombre égal d'atomicités du second.

Il est des atomes qui ne possèdent qu'une atomicité: ce sont les atomes du chlore, de l'iode, de l'hydrogène, du potassium, etc... ; chacun de ces atomes ne peut évidemment s'unir qu'avec un seul atome de la même classe;

lorsqu'une pareille union s'est effectuée par la soudure de l'atomicité unique de l'un de ces atomes à l'atomicité unique de l'autre, ces deux atomes ne présentent plus aucune atomicité libre ; le composé ne peut plus s'unir à un nouvel atome, il est *saturé*.

Il est des atomes qui possèdent deux atomicités : l'oxygène, le calcium sont dans ce cas ; l'atome d'oxygène pourra s'unir à deux atomes d'hydrogène, dont chacun, par son atomicité unique, viendra saturer une des atomicités de l'atome d'oxygène ; l'atome de calcium pourra se combiner à deux atomes de chlore ; ainsi se forment l'eau, le chlorure de calcium. Mais un atome d'oxygène se combinera avec un seul atome de calcium, car chacun d'eux, ayant deux atomicités à saturer, aura besoin pour lui seul des deux atomicités de l'autre.

Lorsqu'un atome d'hydrogène se trouve dans un corps composé, son atomicité unique sature une des atomicités du reste du composé ; le chlore, qui lui aussi ne présente qu'une atomicité, sera également apte à saturer cette atomicité unique en se saturant lui-même ; un atome de chlore et un atome d'hydrogène pourront donc, dans un même édifice moléculaire, se substituer l'un à l'autre.

Au contraire, pour qu'un atome d'oxygène, qui possède deux atomicités à saturer, puisse se placer dans un édifice moléculaire, il faut que la partie de l'édifice qui disparaît pour lui faire place laisse libre deux atomicités ; il ne suffirait pas, pour que cette introduction d'un atome d'oxygène devienne possible, d'enlever à l'édifice moléculaire un seul atome d'hydrogène ou un seul atome de chlore ; cette opération ne dégagerait qu'une seule atomicité ; il faudra enlever deux atomes d'oxygène ou deux atomes de chlore ; l'oxygène possède donc cette propriété qu'un seul de ses atomes se substitue à deux atomes d'hydrogène ou à deux atomes de chlore.

Ces exemples suffisent à montrer comment, dans la théorie de la constitution atomistique de la matière, on

rend compte des phénomènes de substitution. Ce que nous avons appelé *nombre de valences* d'un élément, c'est le *nombre d'atomicités* que possède l'atome de ce corps élémentaire; les traits qui, dans nos formules développées, représentaient les valences échangées, représentent en réalité la manière dont les atomicités des divers atomes groupés dans la molécule se saturent deux à deux.

Tout ce que nous venons de dire est très général; nous avons parlé des atomicités que possède un atome sans préciser la nature intime de ces atomicités ; il est, en effet, plus aisé de décrire comment l'école atomistique fait intervenir l'atomicité dans les phénomènes de substitution que de marquer comment elle explique cette propriété singulière de l'atome; la plupart des chimistes de cette école évitent toute recherche sur la nature de ce je ne sais quoi qui sert à souder l'un à l'autre deux atomes, et qui a peut-être le défaut de trop ressembler aux classiques crochets des atomes de Lucrèce. Écoutons par exemple Würtz (1), le véritable créateur de la notion de valence :

« Capacité de combinaison (1) n'est pas synonyme d'affinité. L'énergie avec laquelle un corps se combine avec un autre corps est indépendante de la faculté qu'il possède d'attirer un ou plusieurs atomes de ce dernier.

» La première est l'affinité, la seconde l'atomicité : toutes deux sont des manifestations de la force chimique.

» L'affinité est mesurée par la quantité de force vive qui est transformée par l'effet de la combinaison et qui se manifeste comme chaleur.

» L'atomicité est mesurée par le nombre des atomes d'hydrogène ou d'un élément analogue qu'un corps donné peut fixer. Les atomes de chlore et ceux d'hydrogène sont ainsi faits qu'un atome du premier attire toujours un atome du second. La force avec laquelle il l'attire, c'est

(1) Würtz. *Dictionnaire de chimie*, art. *Atomicité*. Dans son livre sur la *Théorie atomique* (pp. 164 et seqq.), Würtz s'exprime d'une manière analogue.

l'affinité ; la vertu de se contenter d'un seul atome, c'est l'atomicité. Sous ce dernier rapport, les atomes de chlore et d'hydrogène se valent : un atome d'une espèce ne fixe qu'un atome de l'autre. La force qui réside en eux est une force puissante, mais simple. La force qui réside dans un atome d'oxygène est puissante aussi, mais d'une nature plus complexe, puisqu'elle parvient à annexer deux atomes d'hydrogène, lorsqu'un atome de chlore n'en peut attirer qu'un seul.

» Ainsi nous constatons dans la force qui attire les atomes d'un corps vers les atomes d'un autre corps deux choses distinctes, savoir : 1° son intensité ; 2° son action simple ou multiple. Ces deux manifestations de la force chimique sont indépendantes l'une de l'autre. En effet, l'énergie de l'affinité ne donne pas la mesure du degré de l'atomicité.

» Le chlore attire l'hydrogène avec plus de force que le carbone, et pourtant un atome de carbone peut s'unir à quatre atomes d'hydrogène, tandis qu'un atome de chlore ne s'unit qu'à un seul atome d'hydrogène.

» L'atomicité est donc cette propriété particulière d'un atome, d'attirer un nombre plus ou moins grand d'autres atomes. C'est sa valeur ou, comme on dit, sa capacité de combinaison. »

Tous les chimistes n'ont pas imité la prudente réserve d'Ad. Würtz. Le P. A. Leray, dans un intéressant petit livre (1) dont nous aurons bientôt à entretenir les lecteurs de la *Revue*, suppose que l'atome chimique a la forme d'un polyèdre. Deux atomes qui se combinent s'accolent par deux faces égales ou inégales. La valence d'un atome, d'oxygène par exemple, par rapport à un autre atome, d'hydrogène par exemple, c'est le nombre de faces du premier qui présentent une forme et une étendue telles qu'une

(1) Le P. A. Leray, *Complément de l'Essai sur la synthèses des forces physiques*, p. 105 (Paris, 1892).

face du second puisse venir s'y accoler d'une manière stable.

M. J.-J. Thomson a également cherché à donner, dans l'hypothèse des atomes-tourbillons (1), une explication de la combinaison chimique qui rende compte des faits de substitution représentés par la notion de valence. Mentionnons d'ailleurs en passant que cette explication ne cadre pas en tous les points avec ce que les chimistes admettent au sujet des valences des divers éléments.

Mais ces diverses explications de la valence des atomes se heurtent à plusieurs difficultés qu'il nous faut examiner.

En premier lieu, le nombre de valences que possède un élément dans une combinaison déterminée est bien défini; ainsi le chlore, l'iode sont univalents dans l'acide chlorhydrique, l'acide iodhydrique; l'azote est trivalent dans l'ammoniaque ; le carbone est quadrivalent dans le méthane. Mais il n'en faut pas conclure que le nombre de valences d'un élément soit un nombre entièrement déterminé, d'une manière absolue, abstraction faite de la combinaison dans laquelle cet élément est engagé et de la manière dont il y est engagé. Le nombre de valences d'un élément peut changer selon que cet élément fait partie d'une combinaison ou d'une autre. L'iode, univalent dans l'acide iodhydrique, est trivalent dans le chlorure d'iode; l'azote, trivalent dans l'ammoniaque, est quintivalent dans le chlorhydrate d'ammoniaque; le carbone, quadrivalent dans le méthane ou dans l'acide carbonique, est bivalent dans l'oxyde de carbone. Il y a plus : lorsque deux équivalents d'un même élément figurent dans une même combinaison, ils peuvent y figurer avec un nombre de valences différent. Dans l'azotite d'ammoniaque, l'équivalent d'azote qui provient de l'ammoniaque est quintivalent,

(1) On trouvera un exposé complet des travaux dont l'hypothèse des *atomes-tourbillons* a été l'objet, dans l'ouvrage si intéressant, mais malheureusement inachevé, de M. Marcel Brillouin : *Recherches récentes sur diverses questions d'hydrodynamique* (Paris, 1891).

celui qui provient de l'acide nitreux est trivalent; l'éthylcarbylamine renferme deux équivalents de carbone quadrivalents et un équivalent qui présente seulement deux valences.

Cette variation du nombre des valences d'un élément avec la combinaison dans laquelle il se trouve engagé est donc un fait indéniable. Elle n'est pas sans embarrasser quelque peu les chimistes qui cherchent à envisager le nombre des valences comme une propriété de l'atome élémentaire.

Prenons, par exemple, l'atome d'azote; il doit, selon les circonstances, se montrer trivalent ou quintivalent. Quelle que soit donc l'explication que l'on voudra donner de la valence ou atomicité, on devra en tout cas admettre que l'azote présente tout d'abord trois atomicités, que nous nommerons *atomicités de premier ordre*, et qui sont celles où viennent se fixer les trois atomes d'hydrogène de l'ammoniaque; puis, qu'il présente deux autres atomicités, que nous nommerons *atomicités du second ordre*, et qui sont celles où viennent se fixer les éléments de l'acide chlorhydrique dans la formation du chlorhydrate d'ammoniaque.

Une atomicité du second ordre de l'atome d'azote ne pourra pas être due à la même cause, agissant de la même manière et dans les mêmes proportions, qu'une atomicité du premier ordre. En effet, s'il en était ainsi, les cinq atomicités seraient absolument identiques entre elles et les raisons de symétrie rendraient absurde l'existence de composés, comme l'ammoniaque, où trois de ces atomicités seraient satisfaites tandis que les deux autres seraient libres. Nous devons donc admettre qu'entre une atomicité de premier ordre de l'atome d'azote et une atomicité de second ordre du même atome, il existe une différence essentielle, intrinsèque, quelles que soient d'ailleurs l'origine et la nature de cette différence.

Si, par exemple, nous adoptons l'explication donnée par le P. A. Leray, il nous faudra supposer que les faces

de l'atome d'azote correspondant aux trois atomicités de premier ordre n'ont pas la même forme, la même grandeur, que les faces correspondant aux deux atomicités de second ordre ; et c'est bien du reste ce que semble admettre le P. A. Leray.

Or cette distinction essentielle, intrinsèque, que nous sommes obligés d'établir entre les atomicités du premier ordre et les atomicités du second ordre, aussitôt que nous voulons regarder ces atomicités comme des propriétés de l'atome d'azote, cette distinction est-elle admissible?

Prenons de l'éthylamine : dans ce corps, le groupe éthyle C^2H^5 est fixé à l'une des atomicités du premier ordre de l'atome d'azote. Combinons-la avec de l'acide iodhydrique, dont les éléments iront se fixer aux atomicités du second ordre. Nous obtiendrons l'iodhydrate d'éthylamine.

Prenons maintenant de l'ammoniaque, dans laquelle les trois atomicités du premier ordre de l'azote sont saturées par trois atomes d'hydrogène ; combinons-la avec l'iodure d'éthyle ; l'iode va saturer une des atomicités du second ordre et l'éthyle se fixera à l'autre. Nous obtiendrons ainsi un corps dont la composition sera la même que celle du précédent.

Ces deux corps, de même composition, sont formés d'une manière différente. Dans l'un, le groupe éthyle est fixé à une atomicité du premier ordre ; dans l'autre, à une atomicité du second ordre. Puis donc que ces deux atomicités d'espèces différentes ne peuvent être identiques, les deux composés ne peuvent, non plus, être identiques ; ce doivent être deux corps isomères.

Or l'expérience montre que ces deux composés sont, non pas deux isomères différents, mais un seul et même corps.

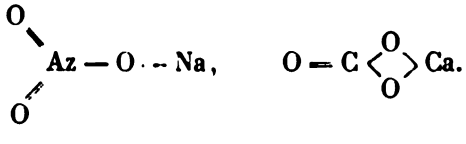
Les faits de ce genre, — et ils sont nombreux, — sont difficilement explicables si l'on veut regarder les atomes isolés comme possédant un nombre déterminé d'atomicités, quelle que soit d'ailleurs la propriété de ces atomes par

laquelle on cherche à expliquer ces atomicités. La difficulté disparaît si l'on introduit la notion de valence comme nous l'avons fait dans ce qui précède : il n'y a pas lieu de se demander si l'atome d'azote possède trois ou cinq valences, et si ces valences sont ou ne sont pas semblables. L'atome d'azote, pris isolément, hors de toute combinaison, n'a pas de valence ; le mot même n'aurait aucun sens pour lui ; il ne possède des valences que lorsqu'il est engagé dans une combinaison ; dans cette combinaison, il en a trois ou cinq selon que la combinaison est rapportée au type acide chlorhydrique trois fois condensé ou au type acide chlorhydrique cinq fois condensé ; et qu'il en ait trois ou qu'il en ait cinq, ces trois valences ou ces cinq valences sont, par définition, identiques entre elles.

Mais abordons maintenant l'examen d'un autre genre de difficultés auxquelles se heurtent les hypothèses atomistiques.

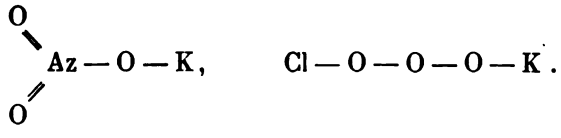
Si les valences représentent ce par quoi les atomes sont rivés les uns aux autres dans la molécule chimique, deux molécules chimiques devront, pour être analogues, être formées d'atomes placés de la même manière et échangeant entre eux des valences d'une manière semblable. Cette similitude dans la manière dont les valences se rivent les unes aux autres sera la cause de l'isomorphisme, puisque, selon le mot de Mitscherlich, le même nombre d'atomes, groupés de la même manière, produit la même forme cristalline.

Cela étant, comparons le nitrate de soude et le carbonate de chaux, et écrivons les formules développées de ces deux corps :



Peut-on imaginer deux formules figurées plus différentes? Et si les formules figurées ont quelque relation avec la manière dont les atomes se relient les uns aux autres dans la molécule, peut-on imaginer deux molécules ayant une structure plus différente? Cependant, non seulement le nitrate de soude a sensiblement la même forme cristalline que le carbonate de chaux, mais encore si, dans une solution saturée de nitrate de soude on plonge un rhomboèdre de spath d'Islande, les rhomboèdres de nitrate de soude se déposent à sa surface *en prenant la même orientation que lui*. Le carbonate de chaux et le nitrate de soude sont isomorphes.

Comparons encore le nitrate de potasse et le chlorate de potasse; écrivons leurs formules développées :



Assurément, voilà des formules bien différentes et, si les formules représentent à quelque degré la structure de la molécule, voilà des molécules bien différentes; cependant, les chlorates sont analogues aux nitrates, et les travaux de M. Mallard ont mis hors de doute l'isomorphisme de ces deux genres de sels.

Voilà donc de nouvelles difficultés; d'où proviennent-elles? De ce que, si l'on regarde la formule développée comme représentant l'agencement des atomes chimiques dans la molécule, il est difficile de ne pas attribuer à des molécules de structure semblable une formule développée semblable et de ne pas admettre que des molécules analogues au point de vue chimique ont une structure analogue; en sorte que l'analogie chimique de deux composés doit être représentée par la similitude des formules développées. Au contraire, nous avons vu comment la notion de

valence découlait de la notion de substitution, notion absolument distincte et indépendante de la notion d'analogie chimique; en sorte que c'est la formule brute et la formule brute seule qui doit exprimer l'analogie chimique; deux composés chimiques analogues ont forcément des formules brutes semblables; mais ces formules brutes ne se développent pas forcément de la même manière.

On le voit, la notation atomique, telle qu'elle est ordinairement exposée, n'est pas sans se heurter à certaines difficultés qui ont leur source dans l'expérience. Toutes ces difficultés ont pour cause le lien que l'on a établi entre cette notation et les hypothèses atomistiques sur la constitution de la matière. Mais ce lien n'est pas indissoluble. Délions-le; donnons la notation chimique pour ce qu'elle est en réalité: une méthode propre à classer les composés chimiques; montrons que, comme toute méthode de classification, elle repose sur certaines notions, notion d'*analogie chimique* et notion de *substitution chimique*, qui ne sont pas susceptibles d'être définies à la manière des concepts géométriques, mais qui, à la manière des idées employées par les naturalistes, s'acquièrent par la comparaison et s'éclairent par des exemples; aussitôt nous voyons s'évanouir les difficultés qu'avait fait naître le désir présomptueux de prendre une classification pour une explication.

D'ailleurs nous évitons ainsi toutes les objections métaphysiques que le philosophe peut adresser aux théories atomitisques sur la constitution de la matière; notre théorie chimique devient indépendante, et dans ses principes et dans sa méthode, des solutions données par les diverses écoles philosophiques aux problèmes soulevés par la nature des corps.

Il semble que les idées exposées dans cet article auraient évité bien des discussions passionnées, et cependant stériles, si elles avaient été communément admises

il y a vingt-cinq ans. Elles paraissent, en effet, toutes pénétrées des principes qu'enseignait un chimiste, regardé à cette époque comme le plus puissant adversaire de la théorie atomique, H. Sainte-Claire Deville. Dans ses admirables *Leçons sur l'affinité* (1), que devraient lire et méditer tous ceux qui ont à cœur de bien saisir la méthode et la portée des sciences physiques, Deville proclame hautement que la chimie est une science naturelle et que ses théories sont des méthodes de classification : « Il ne faut pas l'oublier, la chimie est une science naturelle. Nous étudions, nous observons, nous expérimentons la matière telle qu'elle est faite. Les pierres, les minéraux, les éléments des êtres organisés, tout ce qui se trouve autour de nous sur la terre nous est offert comme l'objet illimité d'un travail sans fin. Quoi que nous fassions, quelles que soient les tendances contemporaines à l'abstraction, nous devons employer pour arriver à la découverte de la vérité les méthodes usitées dans les sciences naturelles. Établissons les analogies, constatons les ressemblances et les différences de tout ordre, faisons peu à peu le travail d'une classification qui sera longtemps, qui sera peut-être toujours incomplète; expérimentons constamment pour prouver la légitimité des principes qui nous guident ou pour en démontrer l'imperfection ou l'inexactitude; mais jamais ne nous fions un instant aux hypothèses, et surtout jamais ne donnons un corps et une réalité aux abstractions que nous impose la faiblesse de notre nature. Je m'explique. Toutes les hypothèses admises aujourd'hui disparaîtront nécessairement de la science. Je ne fais aucune exception, même en faveur de cette théorie des ondulations, admirable conception de l'esprit humain, où l'hypothèse de l'éther lumineux laisse encore bien à désirer...

(1) H. Sainte-Claire Deville. *Leçons sur l'affinité*, professées devant la Société chimique le 28 février et le 6 mars 1867 (*Leçons de la Société chimique de Paris*, Paris 1869).

» Il en est de même en chimie. — L'hypothèse des atomes, l'abstraction de l'affinité, des forces de toute sorte que nous faisons présider à toutes les réactions des corps que nous étudions, sont de pures inventions de notre esprit, des noms que nous faisons substance, des mots auxquels nous prêtons une réalité. — Toutes ces hypothèses, toutes ces abstractions ne sont heureusement pas indispensables. Nous étudierons les phénomènes chimiques, nous établirons leurs similitudes ou leurs différences; nous expérimenterons pour établir une classification provisoire, et nous constituerons ainsi une science dont toutes les parties échapperont à toute critique. »

Il est à craindre qu'aujourd'hui encore, on ne soit pas assez pénétré de ces principes; que beaucoup de chercheurs veuillent voir dans les schémas de la notation atomique une figure de la manière dont les atomes se groupent dans les combinaisons; voilà pourquoi nous avons cru utile de marquer, aussi nettement que nous avons pu le faire, l'origine et le sens des abstractions que l'on nomme poids atomique, valence, formule chimique, car, de ces abstractions, on peut justement dire avec H. Sainte-Claire Deville : « Elles sont nuisibles, lorsqu'on oublie leur origine et leur entrée dans la science, et elles nous conduisent alors à ce mysticisme scientifique dont la chimie donne, en ce moment, un dangereux exemple. »

P. Duhem.

LA FAUNE DU CHAN-TOUNG (CHINE)

§ I. Bibliographie.

Nous ne trouvons que fort peu de renseignements sur la faune du Chan-toung dans les récits des anciens voyageurs européens. Le peu qu'ils nous disent de son histoire naturelle est évidemment le résumé de conversations avec leurs interprètes. Marco-Polo et Odoric de Pordenone mentionnent les vers à soie des environs de Sunzumatu *(Tsi-ning-tchéou)*. Nieuhoff parle des loups que l'on chasse activement, au moyen de chausses-trapes et de creux couverts. Il nous raconte longuement et en termes merveilleux l'histoire de la chasse au lièvre ensorcelé. Il mentionne, comme Martini, l'existence de la pierre de vache *(Niou-houang)* aux environs de *Teng-tchéou-fou,* et nous fait assister à la pêche au cormoran sur le Grand Canal, telle qu'elle s'y pratique encore de nos jours.

Les voyageurs modernes n'ajoutent presque rien à ce maigre budget. Richthofen se confine dans ses observations géologiques; le Rev. Williamson nous donne quelques renseignements peu scientifiques, et le savant abbé Armand David n'a malheureusement pas traversé cette province.

Quant aux livres chinois, ils sont remplis d'erreurs qu'il faut écarter avec soin si l'on veut en retirer quelques renseignements utiles. En les comparant avec les observations du célèbre naturaliste anglais R. Swinhoe, qui résida quelques années à Tchéfou en qualité de consul de S. M. Britannique, et en faisant peindre soigneusement par un artiste indigène tous les animaux et insectes observés par nous au Chan-toung, pendant un séjour de quatre ans et demi, nous avons pu cependant arriver à connaître très approximativement la faune de cette province. Nos aquarelles d'oiseaux, complétées au Muséum de Shanghaï et à celui de Si-ka-wei, et se montant au nombre de 944, furent dûment classées et nommées par le Bon Frédéric Billaud et l'abbé A. David. Les aquarelles de poissons (près d'une centaine) ont été nommées au Muséum de Paris par MM. Vaillant et Sauvage. MM. Oberthür, les savants lépidoptéristes de Rennes, ont bien voulu identifier et classer nos nombreuses représentations de papillons et d'insectes, tandis que nos crustacés doivent leurs dénominations à l'extrême obligeance de M. Alph. Milne Edwards. Tels sont les documents anciens et modernes sur lesquels nous nous appuyons pour donner ici un aperçu de la faune de la province de Chan-toung.

§ II. Faune préhistorique.

Les animaux qui habitaient ce pays aux temps géologiques ou préhistoriques, et dont on découvre aujourd'hui les restes fossiles, soit dans les roches, soit dans le loëss, semblent indiquer que la province du Chan-toung jouissait alors d'un climat tropical. Autant qu'on peut en juger par les échantillons imparfaits que nous ont apportés les Chinois, qui d'ordinaire les brisent pour en faire des

médicaments, le pays fut autrefois habité par l'*Elephas primigenius,* le *Rhinoceros tichorinus*, l'*Equus caballus*, le *Bos primigenius* et deux ou trois cerfs encore indéterminés. S'il faut en croire les récits des Chinois, qui prétendent avoir découvert, dans les berges en argile de loëss de la rivière de *Wei-hsien*, un squelette presque complet de rhinocéros, au crâne duquel quelques poils adhéraient encore, ce dernier représentant des grands pachydermes disparus aurait habité le pays à une époque relativement récente. Une molaire de quatre pouces de largeur sur un pouce de hauteur, qui nous fut montrée, ressemblait fort à celles du *Rhinoceros tichorinus* trouvées par l'abbé A. David dans le loëss du nord de la Chine et de la Mongolie. Cette supposition de l'existence à une époque presque historique de grands animaux aujourd'hui disparus est d'ailleurs confirmée par le texte des classiques chinois. Nous lisons en effet dans Mencius *(Meng-tze)* que *Chou-Koung* réussit à délivrer l'état de Yü (au Chantoung occidental) de tous les tigres, léopards, éléphants et rhinocéros qui l'infestaient. Or, le règne de *Chou-Koung* remontant à 1200 avant J.-C., il semble résulter de cette citation que le Chan-toung fut, au moins en Chine, le dernier asile connu de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorinus*. Quant aux tigres et aux léopards, le grand empereur Yü n'avait pas réussi à en débarrasser complètement le pays, puisque les Annales du Chantoung *(Chan-toung-toung-tchê)* racontent qu'un tigre venu du nord fut tué en 1659, non loin de Tchéfou (à *Houang-hsien),* après avoir dévoré un certain nombre de bœufs. Vers 1649, d'après le *North China Daily News*, un léopard *(Wen-pao)* fut pris aux environs de *Tchi-yang-hsien* près *Tchi-nan-fou*. Ces derniers récits sont d'autant plus croyables que la province limitrophe du Tcheli renferme encore aujourd'hui des tigres, des léopards et des panthères *(Felis tigris, Felis Fontanieri, Felis irbis).* Suivant certains auteurs, le lion aurait existé en Chine

jusqu'en 1470; mais cela nous paraît fort douteux. Les statues grotesques que l'on trouve à l'entrée de certains monuments publics représentent le chien de Fo, le carlin de Pékin, et non des lions, comme on l'a trop répété.

La destruction des forêts est la cause principale de la disparition au Chan-toung des grands fauves qui existent encore dans les montagnes des provinces voisines du Tcheli et du Shansi. Nous savons en effet, par Marco-Polo, Nieuhoff et d'autres écrivains, que la province que nous étudions, aujourd'hui complètement dépourvue de forêts, fut autrefois très boisée, surtout dans le sud et l'ouest, et que *Lin-tsin-tchéou* au nord-ouest était célèbre par un grand commerce de bois.

Nous avons vu souvent, entre les mains des bateleurs, des ours et des singes savants *(Ursus tibetanus* et *Macacus tcheliensis)*. Ces animaux provenaient des provinces voisines; mais les livres chinois et la brochure de M. O. F. von Mollendorff *(Vertebrata of the Province of Chili)* nous apprennent qu'ils étaient connus au Chan-toung il n'y a que quelques années.

Nous n'avons jamais vu de cervidés dans le pays, bien que les Annales mentionnent en 1736 l'existence de plusieurs espèces de cerfs. L'un d'eux et le plus remarquable, désigné sous le nom de *Mi-lou*, serait d'après Mollendorff le *Cervus (Elaphurus) Davidianus*, le fameux *Sse-pou-hsiang* du vulgaire, qui n'existe plus aujourd'hui que dans le parc impérial du *Nan-haï-tze*, au sud de Pékin. Une seconde espèce, appelée *Ki-lou* (1), serait, d'après les dictionnaires, l'*Hydropotes inermis*, commun au Kiang-nan et en Corée, à la même latitude que le Chan-toung. Il est vrai que les Chinois le confondent souvent avec le *Moschus moschiferus*, le chevrotin porte-musc, qui existe encore au Tcheli, bien que fort rare. Il y a cent ou cent cinquante ans, on trouvait aussi, aux environs de

(1) *Lou* désigne les cerfs en général.

Teng-tchéou-fou et de *Wouen-teng-hsien,* le *Cervus pygargus (Pao),* dont les jeunes cornes sont employées en médecine et jouissent d'une grande réputation.

Nous ne mentionnerons qu'à titre de curiosité le fameux *Lin,* sorte de licorne, cervidé fabuleux qui aurait été aperçu par Confucius. Ce grand philosophe, considérant son apparition comme un présage de malheur pour le pays, versa d'abondantes larmes à sa vue.

Ayant ainsi épuisé la liste des animaux disparus de la province, nous allons en étudier la faune actuelle.

§ III. Faune actuelle.

En parcourant les animaux de la province dans l'ordre des familles naturelles, nous rencontrons d'abord les mammifères sauvages, représentés par un loup *(Lupus chanko),* des chats sauvages *(Felis sinensis, F. decoloratus),* un chien sauvage *(Canis procyonoides),* des renards *(Canis vulpes* et *C. hoole),* la fouine chinoise *(Meles sinensis),* des putois *(Putorius Fontanieri* et *P. sibiricus),* la loutre chinoise *(Lutra sinensis),* une taupe *(Scaptochirus moschatus).* Parmi les rongeurs, nous en trouvons un que l'on confondrait facilement avec la taupe, dont il a les habitudes : c'est le *Siphneus psilurus.* A défaut du lapin, qui n'existe en Chine que dans les ports, à l'état domestique et importé d'Europe, nous avons un lièvre indigène, *Lepus sinensis,* petit animal à poil rude d'un brun jaune, avec un peu de blanc au-dessus et en arrière de l'œil ; les oreilles sont de la longueur de la tête. — MM. Dabry de Thiersant et L. Soubeyran se trompent grandement lorsqu'ils rééditent l'erreur de Porter Smith, qui prétend que le castor a existé autrefois au Chan-toung: nulle part en Chine on n'a trouvé de trace de cet animal. Le nom de la drogue *Wouen-nei-tchi,* que ces auteurs

traduisent par *Castoreum*, se trouve bien, il est vrai, mentionnée dans les Annales de la province ; mais il ne désigne pas autre chose qu'une médecine dégoûtante faite avec certaines parties du *Haï-Keou*, qui est le phoque et non le castor.

Le hérisson d'Europe est remplacé par le hérisson cendré, *Erinaceus dealbatus*. Les rats sont représentés par le rat d'Europe, importé par les navires, et par le *Mus humiliatus (Lao-shou)*, qui en 1639 envahit la préfecture de *Teng-tchéou*. En 1870, il y eut à Tchéfou une invasion de rats telle qu'on en tuait jusqu'à vingt par jour dans une seule maison. Nous ne savons à quelle espèce ils appartenaient ; probablement c'étaient des rats bruns, *Mus decumanus*, très communs au port de Tientsin.

Dans les champs, j'ai rencontré le hamster nain *(Cricetulus griseus)*, occupé à remplir ses bajoues de pois jaunes *(Dolichos soya)*, d'où les noms de rat des pois *(Téou-shou-erh)*, et de rat magasinier *(Tsang-shou-erh)*, que lui ont donné les agriculteurs dont il est le plus terrible ennemi. Par contre, je n'ai jamais trouvé notre souris.

Les écureuils sont rangés par les Chinois dans la catégorie des rats. Bien que fort communs au Tcheli, ils sont rares au Chan-toung, sans doute à cause de la disparition des bois. On m'a cependant apporté le joli petit écureuil noir, *Sciurus vulgaris* var. *nigra*, appelé vulgairement *Soung-shou* (rat des pins). Sa fourrure est très employée par les Chinois pour la confection de leurs grandes robes d'hiver.

Le sanglier du pays diffère du nôtre : c'est le *Sus leucomystax ;* il a presque disparu de la province. On le trouve rarement aux environs de Tchéfou, bien qu'il soit mentionné dans les Annales, sous le nom de cochon sauvage *(Yeh-tchou)*, comme faisant de grands dégâts à *Houang-hsien*. Le porc domestique ne ressemble pas au nôtre : il est toujours entièrement noir, son dos est creux, le ventre

traîne à terre, la tête est courte et fortement ridée, et sur le cou se dresse une crinière hérissée, formée de soies longues et très dures. Elles constituent un article de commerce avec l'Europe sous le nom anglais de *pig bristles*. Tchéfou en exporte chaque année une grande quantité à destination de Londres (1). La chair du porc constituant la majeure partie de l'alimentation du peuple, on rencontre ces animaux errant dans les rues des villes et des villages; ils se nourrissent de toutes les ordures qu'ils rencontrent, à l'instar des chiens de Constantinople. Comme espèce, le porc chinois se rapproche du porc de l'Inde, *Sus indica*.

Le soir, dans la campagne aussi bien que dans les villes, nous avons souvent observé le vol de plusieurs espèces de chauves-souris. Les Chinois, à l'encontre des Occidentaux, regardent ces animaux comme des messagers d'heureux présages; aussi trouve-t-on leur image brodée ou peinte sur les vêtements et cadeaux offerts aux jeunes mariés. On leur donne différents noms, dont les plus curieux sont : *Pien-fou,* équivalent de « porte-bonheur » ; *Yen-yeh,* hirondelle de nuit; *Shien-shou,* souris-fée; *Fei-shou,* rat volant, et *Tien-shou,* rat du ciel. En langage scientifique, c'est le *Vespertinus serotinus,* et peut-être deux ou trois espèces de *Vespertilio* ou *Vesperugo*.

Les mammifères marins sont assez communs sur les côtes de la province. On a souvent aperçu, près du cap Chan-toung, des baleines vivantes ou mortes; ces dernières étaient couvertes d'oiseaux de mer. Mgr Ridel, un des premiers missionnaires de la Corée, se trouvant en 1875 sur une jonque chinoise, non loin de Tchéfou, vit un banc épais de petits poissons fuyant devant une bande de baleines dont quelques-unes passèrent assez près de

(1) Voici les poids de soies de porc importées à Londres de Chine dans les années suivantes :

Années :	1887	1888	1889
Kilogrammes :	204 438	231 061	332 032.

son bateau pour qu'il pût apprécier leur dimension. Quelques-unes, m'assura-t-il, mesuraient de 60 à 70 pieds de longueur. Il me montra aussi un dessin fait par lui, dans une pagode de la côte voisine du Liao-toung, représentant une omoplate de baleine qu'il avait trouvée en ex-voto sur l'autel de la déesse *Kouane-yin*. Les missionnaires de Corée ont souvent vu des centaines de baleines dans le fond du golfe du Liao-toung, un peu au nord de Tchéfou. Les grands cétacés trouvent là un refuge assuré, car ni les Chinois ni les Coréens ne leur donnent la chasse, comme le font les Japonais. Ces eaux ne sont pas visitées par les baleiniers étrangers, parce que, étant relativement chaudes, les baleines qui y vivent n'ont que fort peu de graisse. Ces animaux appartiennent sans doute à l'espèce commune sur les côtes du Japon, *Balæna mysticetus*, var. *japonica*. Les pêcheurs du Chan-toung les désignent sous le nom de *King-yü*, et les Annales racontent qu'on en a souvent trouvé d'échouées sur la côte: les riverains les dépeçaient pour en manger la chair et convertir la graisse en huile. Lorsque l'expédition française alla guerroyer en Corée en 1866, M. Henri Jouan, chef d'état-major de l'escadre, remarqua que les arcs des Coréens de la côte ouest étaient en partie confectionnés avec des baleines fournies sans doute par les fanons de ces animaux (1).

Les Annales de *Yi-tchéou-fou* rapportent qu'on y trouve un poisson gros comme une montagne, appelé *Tchou-yü* (poisson-porc), qui peut avaler un petit bateau. Des indigènes m'ont aussi raconté qu'on avait trouvé une balle de coton dans l'estomac d'un de ces monstres. Il s'agit sans doute là de quelque espèce de requin. On en voit en effet assez fréquemment dans la rade de Tchéfou, et ils ont mis à mal plus d'un plongeur occupé à la pêche des holothu-

(1) *Aperçu sur l'histoire naturelle de la Corée*, par Henri Jouan, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES de CHERBOURG, 1869.

ries. Pendant mon séjour dans ce port, un de ces pauvres malheureux eut la moitié de la poitrine enlevée par un de ces terribles squales.

Les phoques descendent jusque sur les côtes de la province. Pendant l'hiver, on peut en voir de nombreux troupeaux sur les rochers, sous le phare du cap Chantoung, où j'en ai encore aperçu quelques-uns en juin 1874. On les trouve aussi, mais plus rarement, à Tchéfou ; ils y étaient communs en 1860, ce qui explique de nom d'*Ile aux phoques* donné par nos officiers de l'expédition de Chine au rocher qui porte sur les cartes anglaises le nom de *Double Rock Island*.

Bien que je n'aie observé que le phoque commun *(Phoca vitulina)*, les livres chinois décrivent quatre variétés de phocidés comme habitant les côtes du nord et surtout les rochers de l'île Alceste, en chinois *Haï-lou-tao* (île des ânes marins), et ceux de l'île Eddy, *Haï-niou-tao* (île des vaches marines), où l'on trouvait aussi des léopards de mer *(Haï-pao)*, probablement une otarie *(Otaria Gillespii?)* commune au Japon (1). C'est sans doute à cette espèce qu'il faut rapporter la Vache marine ou *Lamantin* dont parle Nieuhoff. Les livres chinois mentionnent encore la loutre de mer *Haï-t'a*, aujourd'hui disparue de ces rivages. Les peaux de loutre marine que l'on vend actuellement à Pékin y sont apportées de la Sibérie russe ou du Japon (2).

§ IV. Animaux domestiques.

Les animaux domestiques appartenant à la classe des mammifères que l'on trouve au Chan-toung sont les chevaux, ânes, mulets, chameaux, bœufs, moutons, chèvres, porcs, chiens et chats.

(1) Cfr Contemporary Review, déc. 1875, *Sea Lions*, by T. W. Clarke.

(2) Cfr Dr O. von Mollendorff. *Contributions to the Natural History of China*, dans Mitheilungen des deutsches Gesellschaft fur Natur und Volkerkunde Ostasias, Marz 1876, Yokohama.

Les chevaux appartiennent à trois races bien distinctes :

1° Le petit cheval mongol, solide, bien musclé, dont l'encolure courte est fournie d'une épaisse et lourde crinière. Coupée en brosse, cette crinière lui donne une ressemblance frappante avec les chevaux grecs représentés sur les vases antiques du Musée Campana. Élevé en liberté dans les plaines de la Mongolie, c'est une sorte de tarpan resté tel qu'il était il y a des siècles (1). A demi sauvages, ces chevaux sont vicieux et souvent dangereux, mais possèdent beaucoup de fonds bien que fort sobres. On les nourrit de paille de sorgho hachée et de féverolles cuites. Ils valent en moyenne de 150 à 200 francs à Tchi-nan-fou.

2° Les petits poneys du Sze-tchouen.

3° Une race plus grande et plus forte que les deux précédentes et qui est spéciale à la province.

Les mules du pays sont connues dans toute la Chine. Beaucoup plus grandes que l'âne et le cheval, elles sont aussi plus robustes et durent vingt à vingt-cinq ans en moyenne, comme bêtes de selle ou de trait. On en a exporté plus d'une centaine dans la Cochinchine française en 1861 et 1876. Elles y font le dur service de l'artillerie, et résistent seules là où toute espèce de chevaux périssent. Les beaux mulets servent de monture favorite aux mandarins qui les paient jusqu'à 1000 et 1400 francs pièce. On ne monte pas les mules.

Quoi qu'en disent MM. Dabry de Thiersant et L. Soubeyran (2), on ne trouve point d'ânes sauvages au Chantoung, pas plus d'ailleurs que dans les autres provinces. Les ânes sont employés dans l'alimentation à *Kiao-tchéou*. A *Toung-o-hsien*, la peau des ânes noirs, bouillie avec l'eau d'une source spéciale, soigneusement gardée sous clef par

(1) On sait qu'en 1889 les explorateurs russes, les frères Groum-Grjimaïlo, ont capturé des chevaux sauvages, véritables représentants du type primitif, près de Gachoun en Dzoungarie.

(2) *Matière médicale des Chinois.*

les mandarins, fournit une colle-forte renommée comme médicament dans le traitement des maladies de poitrine(1).

Le bœuf que l'on trouve au Chan-toung est un animal de petite taille, à cornes courtes, généralement de couleur jaune ou brune, d'où son nom vulgaire de *Houang-niou*, bœuf jaune. Comme il n'y a pas de pâturages, bœufs et vaches sont nourris à l'étable. Ils sont élevés pour la culture, jamais pour la boucherie. Les Chinois, considérant le bœuf comme l'auxiliaire indispensable de l'homme pour l'agriculture, regardent comme un crime de manger la chair de cet animal demi-sacré. En conséquence, on ne trait jamais les vaches et on ne connaît pas plus l'usage du beurre et du fromage que celui du lait. Dans les parties sud et sud-ouest, là où l'on cultive le riz, on rencontre plutôt le buffle, *Shoui-niou* (bœuf d'eau).

Les peaux, arrachées aux carcasses des animaux morts, sont employées pour fabriquer des cuirs de mauvaise qualité. On les tanne grossièrement en les passant tout humides sur l'ouverture d'un four dans lequel on produit une épaisse fumée en brûlant de la paille ou des herbes mouillées. Depuis quelques années, on les exporte sur les marchés de Londres et de Marseille, simplement séchées puis empoisonnées. Cette exportation augmente régulièrement.

Les pâturages manquant, les moutons sont rares ; ils viennent de Mongolie et appartiennent à la variété à grosse queue, *Ovis steatopyga*. Par contre, les chèvres se rencontrent fréquemment dans les districts montagneux. Nous avons eu souvent l'occasion d'en voir une variété à quatre cornes. Les peaux garnies de leur laine servent à faire des vêtements ou des tapis qu'on exporte en assez grande quantité en Europe. Quant à la laine, les Chinois ne la tissent pas ; le peu de drap qu'ils emploient leur vient de Russie sous le nom de *To-lo-ni*.

(1) Il est probable que cette fameuse source contient une matière analogue à la glairine, sinon la glairine elle-même, d'où son emploi spécial.

Nous avons aussi cité les chameaux. Ils appartiennent à l'espèce de Bactriane à double bosse, et viennent de Mongolie. On les rencontre quelquefois jusque dans les environs de Tchéfou, où ils apportent du sel, de la soude, ou du charbon de terre.

§ V. Oiseaux.

Les oiseaux de la province du Chan-toung ont été observés pour la première fois par M. R. Swinhoe, savant naturaliste anglais. Il a publié dans l'*Ibis*, en 1874, une liste de 104 oiseaux reconnus par lui à Tchéfou et dans les environs. De 1873 à 1877, nous avons nous-même collectionné à l'état vivant un assez grand nombre d'oiseaux dont une bonne partie furent étudiés en captivité. Ils ont tous été peints d'après nature, sous notre direction, par un artiste indigène très exact comme le sont toujours les Chinois. Pendant un séjour de deux ans et demi à Shanghaï (1877-1879), nous avons fait peindre au Muséum d'histoire naturelle de cette ville, dont nous avions la direction, tous les oiseaux du Chan-toung que nous n'avions pu étudier dans le pays. Cette collection d'aquarelles fut soumise en 1880 et 1881 à M. le Bon Frédéric Billaud et à M. l'abbé A. David, dont le beau livre sur les *Oiseaux de la Chine* n'avait pas encore paru. Grâce à l'extrême obligeance de ces deux savants, notre collection, qui se montait à 944 aquarelles, fut dûment classée et nommée. Nous l'avons depuis soigneusement revue, le livre de l'abbé David en main, et sauf deux ou trois espèces tout au plus restées douteuses, nous pouvons donner aujourd'hui un catalogue aussi complet que possible de 204 oiseaux de la province. Bien que la synonymie chinoise soit encore dans l'enfance, nous avons tenu à élucider, autant que faire se pouvait, les noms locaux de ces oiseaux que nous avions fait inscrire sur chaque aquarelle, sous la direction d'un bon lettré

indigène. Ces noms ont été ensuite comparés soigneusement avec ceux que mentionnent les divers livres chinois traitant de la question, et aussi avec ceux qui sont donnés par M. O. F. von Mollendorff dans la liste des 316 espèces d'oiseaux reconnus par lui comme existant dans la province voisine du Tcheli (1).

Le nombre total des oiseaux actuellement connus en Chine est de 813 (David en donne 807, Mollendorff en ajoute 5, et l'expédition de la Novarra 1). La province du Chan-toung en fournit donc à elle seule presque exactetement le quart. Grâce à son climat particulier, extrêmement froid en hiver et presque tropical en été, on y trouve, suivant les saisons, un certain nombre d'oiseaux de Sibérie et de la région palæarctique d'une part (42), des tropiques, et même des Moluques et Philippines de l'autre (96). De novembre à février et mars, la Sibérie, (Oussouri et Amour) envoie au Chan-toung environ une quarantaine d'oiseaux originaires de ces pays, dont quelques-uns poussent même leurs migrations jusque dans l'Inde, aux Moluques et en Océanie. Tels sont, parmi ces derniers, le *Gallinago stenura,* grande bécassine que l'on trouve jusqu'à Timor et aux Andaman ; le *Phyllopneuste borealis,* qui descend des Kourilles à Java ; l'étourneau de Daourie *(Temenuchus dauricus),* qu'on observe en hiver jusqu'en Malaisie.

Par contre, la région indo-malaise envoie, pendant l'été, dans les provinces du nord de la Chine un nombre presque double (96) d'espèces tropicales, 88 des Moluques, 7 de Malaisie et 1 d'Australie.

Nous sommes en effet tout étonnés de trouver aux environs de Tchéfou sept espèces malaises, dont une de Nouvelle-Hollande, *Corvus torquatus;* une d'Australie, *Cypselus pacificus;* une d'Océanie, *Turdus obscurus,* la grive pâle des îles Pelew. Les Moluques sont représentées par

(1) O. F. von Mollendorff, *The Vertebrata of the Province of Chili, with Notes on Chinese Nomenclature,* Shanghaï, 1877.

huit espèces, parmi lesquelles *Corydalla Gustavi*, aussi appelé *C. batchianensis* par Wallace, du nom de l'île où il fut découvert ; le merle de roche des Célèbes, *Monticola solitaria ;* le *Calamodyta orientalis,* des îles Lombock et Batchian. Nous avons encore trouvé à Tchéfou un bel oiseau bleu, reconnu d'après l'aquarelle pour être le Coucou de Mindanao, *Eudynamis mindanensis.* Il doit être ajouté, s'il n'y a pas d'erreur, au catalogue de l'abbé A. David, dans lequel il ne figure point, pas plus d'ailleurs que dans celui de Swinhoe. Nous serions donc le premier à avoir mentionné la présence en Chine de cette belle espèce des Philippines, qui y envoient cinq autres espèces, entre autres la pie grièche de Luçon, *Lanius lucionensis.* Celle-ci remonte jusqu'en Mandchourie, comme son congénère le *Pericrocotus cinereus,* retrouvé sur les bords de l'Amour avec le *Calamodyta orientalis* des îles Batchian, Morty et Célèbes. De toutes ces espèces, celle qui voyage le plus loin est évidemment le *Turdus obscurus* des îles Palaos : elle remonte jusque sur les bords du fleuve Amour.

L'Inde tropicale, l'Himalaya, la Birmanie et l'Indo-Chine sont représentées au Chan-toung par une vingtaine d'oiseaux originaires de ces pays ; quelques-uns vont même jusqu'en Sibérie et au Japon. Les espèces indiennes les plus intéressantes à retrouver à Tchéfou sont le martin-pêcheur du Bengale *(Alcedo bengalensis)* (1), le gobemouche des Andaman *(Butalis latirostris),* et l'hirondelle d'Antigues *(Hirundo gutturalis),* qui se trouve aussi à Java et aux Célèbes ; le pluvier du Népaul *(Ægialites placidus),* enfin la poule d'eau cendrée *(Gallicrex cristata)* et la huppe de Ceylan *(Upupa Ceylonensis).* On a ainsi la preuve que le Chan-toung voit passer sur son territoire, au moment des migrations, des oiseaux voyageant entre

(1) Ses plumes servent à confectionner des applications sur métal ressemblant à des émaux ; on les colle aussi sur les éventails ou écrans, et on les mélange aux broderies sur soie.

des points aussi éloignés que l'Australie, les îles Palaos et la Sibérie orientale.

Si nous examinons maintenant la distribution géographique dans le sens de la latitude, des oiseaux observés dans cette province, nous y trouverons la faune d'Europe représentée par un peu plus de cinquante espèces (52), s'étendant de l'Europe occidentale à la Sibérie orientale. Parmi les plus intéressantes, nous citerons l'aigle royal *(Aquila chrysaetos)*, que l'on rencontre jusque dans l'Amérique du Nord; l'autour vulgaire *(Astur palumbarius)*; le grand-duc *(Bubo maximus)*; le coucou vulgaire *(Cucullus canorus)*; l'alouette *(Alauda cantarella)*; le pinson d'Ardennes *(Fringilla montifringilla)*, trouvé jusqu'au Japon; la pie et la caille, la grande outarde, le héron, la bécasse, le cormoran, etc.

Le Japon envoie au Chan-toung une vingtaine d'espèces originaires de ce pays ; les plus intéressantes sont la buse japonaise *(Buteo japonicus)*, le *Ninox japonica*, l'engoulevent jotaka *(Caprimulgus jotaka)*, la pie-grièche à tête de bœuf *(Lanius bucephalus)*, que l'on trouve aussi en Sibérie orientale. Elle ne serait donc pas absolument japonaise, comme on l'a cru longtemps. Par contre, le *Cecropis japonica* est bien de ces îles, et il vient dans notre province, ainsi que la *Pitta nympha*, trouvée également en Corée; le *Parus minor*, le gros-bec masqué *(Eophona personata)*, l'étourneau cendré *(Sturnus cineraceus)*, et le *Porzana erythrothorax*.

L'Amérique septentrionale y envoie le goëland d'occident *(Larus occidentalis)* et l'aigle royal. Le balbuzard vulgaire *(Pandion haliaetus)* représente l'Amérique du Nord aussi bien que celle du Sud et l'Europe; tandis que le canard milouinan *(Fulix marila)* rappelle l'Amérique du Nord et l'Europe.

David compte 249 espèces d'oiseaux propres à la Chine, sur les 807 reconnues par lui. Il n'en énumère que 42 de spéciales à la Chine septentrionale. Or, sur les

204 espèces que nous avons trouvées au Chan-toung, 44, soit plus d'un cinquième, sont indigènes. On remarque surtout le pic mandarin *(Picus mandarinus)*, l'*Hypopicus poliopsis* des environs de Pékin; le martin-pêcheur à coiffe noire *(Entomobia pileata)*, le *Zosterops erythropleurus* du sud-ouest de la Chine. Le *Turdus chrysopleurus*, que Swinhoe décrivit comme espèce nouvelle en 1872, a été reconnu depuis, par le même naturaliste, comme ne différant pas du *Turdus pelios* de l'Oussouri. Par contre, la *Porzana (Coturnicops) exquisita*, sp. nov., décrite par le même auteur et figurée comme espèce nouvelle dans l'*Ibis*, 1875, pl. III, n'est pas mentionnée dans le catalogue de David. Nous le regrettons d'autant plus que c'est la seule espèce nouvelle que nous puissions indiquer comme découverte au Chan-toung. Le *Diomedea derogata*, grand albatros brun, décrit comme nouveau en juin 1873 par Swinhoe, d'après six individus mâles pris à Tchéfou, est considéré par MM. David et Oustalet comme ne différant pas du *Diomedea brachyura*, décrit en 1850 par Temminck et Schlegel dans leur *Fauna Japonica*.

Revenons à notre liste des espèces purement chinoises existant dans la province qui nous occupe; nous pouvons citer le merle de forêt de Pékin *(Monticola gularis)*, l'*Arundinax Davidianus* de Moupin (Chine occidentale); le *Parus commixtus (Parus minor* de Swinhoe, non mentionné par lui à Tchéfou); le *Corydalla sinensis;* la calandrelle de Pékin *(Calandrella* [*Alaudula*] *cheleensis);* l'*Emberiza elegantula ;* le petit verdier de la Chine *(Chlorospiza sinica);* le gros-bec de Chine *(Eophona melanura);* le bec-croisé chinois *(Loxia curvirostris* ou *albiventris);* la grande corneille indigène *(Corvus sinensis);* le geai du pays *(Garrulus sinensis);* le faisan à collier *(Phasianus torquatus)*, qui remplace là-bas le faisan de Colchide. Le *Turnix (Hemipodius) vicarius*, décrit par Swinhoe comme espèce nouvelle, fut reconnu par David

comme étant le *Turnix maculatus* des environs de Pékin. Terminons enfin cette liste d'oiseaux purement chinois en nommant l'huîtrier de Chine *(Hæmatopus osculans)*, la petite aigrette ou blongios chinois *(Ardetta sinensis)*; le râle mandarin *(Rallina mandarina)*; la jolie petite sarcelle de Chine ou canard mandarin *(Aix galericulata)*; le grand goëland *(Larus crassirostris)*.

Enfin on trouve en cage dans les mains de tous les Chinois, qui les promènent ainsi comme on promène chez nous un chien en laisse, plusieurs oiseaux chanteurs ou parleurs venant soit du nord, soit du sud, mais que nous n'avons pas rencontrés à l'état sauvage dans la province. Ce sont particulièrement : la grive de Chine, *Leucodioptron hoamy (Hoa-my*, sourcil fleuri), la calandre de Mongolie, *Melanocorypha mongolica*; le merle huppé de la Chine méridionale, *Acridotheres cristatellus*, en chinois *Pa-ko* (huit frères), parce que, dit David, il se montre toujours par bandes de huit individus.

Nous avons aussi souvent vu en cage le *Lanius schah*, le *Calliope kamtchatkatensis*, le *Zosterops erythropleurus*. Le Chinois sait nourrir en captivité certains gobe-mouches et des oiseaux carnivores, au moyen d'insectes ou de viande crue. Il emploie souvent aussi une sorte de pâtée, faite de graisse et de farine de pois, qui remplace fort bien la viande et les proies vivantes.

§ VI. Oiseaux domestiques.

Les oiseaux élevés au Chan-toung à l'état domestique sont, comme partout, les poules, les canards, les oies et les pigeons.

Nous avons pu remarquer plusieurs races de poules, savoir : la race de Shangaï, bien connue en Europe sous le nom de *Lang-Shan*, petit village des environs de cette ville. Une race curieuse est celle des poules dites à

poil, ainsi nommées parce que les plumes ressemblent à une fourrure soyeuse. On nous a souvent servi des poules dont la peau et même le périoste étaient noirs.

L'oie du pays est remarquable par sa grande taille et une excroissance énorme située à la base du bec. C'est l'*Anser cycnoïdes* ou *Sarkidiornis melanotos*, décrite par Buffon comme provenant de la côte de Guinée et trouvée aux Indes et en Chine par Sonnerat.

De temps immémorial, le cormoran a été domestiqué par les Chinois qui l'emploient à la pêche. Les anciens auteurs, entre autres Martini et Nieuhoff, parlent de la pêche au cormoran dans le Chan-toung occidental, sur le Grand-Canal. L'ouvrage de Nieuhoff donne même une assez bonne gravure représentant l'oiseau, sous le nom chinois de *Lao-wa* qu'il porte encore aujourd'hui. Ces oiseaux se trouvent à l'état sauvage sur les côtes du cap Chan-toung, où ils nichent dans les falaises.

§ VII. Catalogue chinois des oiseaux du pays.

Si nous ouvrons maintenant les livres chinois, entre autres les Annales de la province, nous y trouvons seulement vingt-sept oiseaux désignés comme habitant le pays. En voici la liste avec les noms chinois, qui s'appliquent à la famille ou à l'espèce et non à la variété, les ornithologistes indigènes n'ayant qu'une idée fort incomplète de la classification scientifique.

1. Ardea, *Kouâne*. Cet oiseau n'aurait que trois petits, dont l'un ne peut sortir de l'œuf que s'il entend gronder la foudre!

2. Anser cycnoïdes, *Yen*. Autrefois on se servait des oies sauvages comme de courriers.

3. Anser hyperboreus, *Tien-ngo* (oie céleste).

4. Aix galericulata, *Yuen-yang*. Les petits canards mandarins sont regardés comme l'emblème de la fidélité

conjugale. On a donne leur nom *Yuen-yang* à une sorte d'oreiller double en usage chez les jeunes mariés, auxquels on fait souvent présent d'une paire de ces jolis oiseaux.

5. Anas, *Fou*, ou vulgairement *Shoui-ya*. Les Chinois décrivent l'*Anas boschas*, le *Casarca rutila*, le *Querquedula crecca*, l'*Eunetta formosa*, le *Colymbus* et le *Podiceps*.

6. Larus, *Ngo*. Les goëlands sont distingués des oiseaux aquatiques plongeurs *(Shen-ya)* et représentés comme nageurs seulement. D'après leur description, nous reconnaissons facilement le *Larus ichthyaetus*, non mentionné par David et Swinhoe, mais que nous avons trouvé sur les rochers de l'île Alceste, en compagnie de *L. nivæus*, *L. canus*, *L. crassirostris* et *L. occidentalis*, dont les pêcheurs chinois récoltent les œufs en juin et juillet. Au même endroit, nous avons recueilli une tête de spatule, *Platalea leucorodia*, et des œufs de *Turtur rupicola*.

7. Phasianus, *Tchi* ou *Yeh-tchi*. C'est le *Phasianus torquatus*, si abondant aux environs de Tchéfou qu'on le paie seulement 50 centimes au marché. Les autres espèces, telles que le faisan doré, argenté, le faisan de Reeves, etc., n'ont été vus qu'en captivité.

8. Hirundo, *Yen* ou *Yuan-niao*. Les Chinois savent distinguer l'*Hirundo gutturalis* et le *Cecropis japonica*, qu'ils appellent hirondelles de maisons, des hirondelles de montagne ou sauvages, *Cypselus pacificus* et *C. apus*.

9. Oriolus Sinensis, *Yin*. Cet oiseau est très fréquemment cité dans les livres, et l'on compare un riche mariage à l'alliance du loriot et de l'hirondelle. Le *Pen-tsao* prétend que pendant l'hiver il se creuse une retraite dans la terre au bord des rivières et s'y enferme dans une sorte d'œuf fait d'argile agglutinée.

10. Pica caudata, *Tchueh*. Les habitants du Chantoung confondent sous ce nom générique le *Urocissa sinensis* et le *Cyanopolius cyaneus*.

11. Accipiter, *Ying*. Ce nom désigne plusieurs espèces de rapaces diurnes et nocturnes, dont les plus importants

et les plus communs sont le *Pandion haliaetus*, ou aigle pêcheur, *Yü-ying;* le *Milvus melanotis*, *Yao-ying;* le *Buteo japonicus*; l'*Astur cuculoides* et l'*Accipiter nisus*, notre épervier d'Europe. Nous avons aussi trouvé plusieurs faucons : *F. communis*, *F. regulus*, *F. tinnunulus*, et le remarquable faucon à pieds rouges de l'Amour, *F. (Erythropus) amurensis*, en chinois *Tching-ying*.

Parmi les rapaces nocturnes, nous pouvons citer, comme existant au Chan-toung, le vulgaire grand-duc, *Bubo maximus*, l'aigle à tête de chat *(Mao-t'eou-ying)* des Chinois, regardé comme un oiseau de bon augure, ainsi que la pie, qui est l'oiseau de la joie ou des cinq bonheurs. Nous avons donné à M. Swinhoe un charmant petit hibou qu'il décrivit dans l'*Ibis* sous le nom de *Scops sunia*. David et Oustalet ont démontré qu'il ne diffère en rien du *Scops stictonotus*. Les Annales mentionnent un chat-huant blanc qui répond au *Syrnium nivicola*, mais nous ne l'avons jamais vu. Il passe pour manger sa mère et est l'emblème de l'ingratitude filiale.

12. Columbidæ, *Tchiou*, *Pan-kou*. Ces deux noms représentent plutôt une famille qu'une espèce. Suivant le *Pen-tsao*, les roucoulements du *Turtur rupicola (Pan-tchiou)* indiquent au cultivateur qu'il est temps d'ouvrir ses sillons. Nous avons rencontré dans le pays trois tourterelles sauvages : *Turtur sinensis*, *T. humilis* et *T. risorius;* puis deux colombes : le biset de Chine, *Columba intermedia*, et *C. rupestris* de l'Inde. Le nom *Fei-nou*, esclaves volants, indique que les Chinois se sont servis des pigeons pour porter des nouvelles. A qui en douterait, nous citerons cette phrase des classiques : « Le pigeon voyageur porte les lettres. »

13. Corvidæ. Le caractère *Wou* (noir) s'applique à toute cette classe, qui est représentée dans la province par le corbeau à collier blanc, *Corvus torquatus*, remplacé à Tchéfou par le *C. sinensis*. Le Coracias des Alpes *(Fregilus graculus)* abonde dans la partie occidentale où il niche dans les falaises de loëss du Fleuve Jaune.

14. MILAN à oreilles noires, *Yen*. *Milvus melanotis* est décrit comme un oiseau stupide dont le cri annonce le vent. On le trouve partout en abondance.

15. FRINGILLIDÆ, *Tchiao*. Ce terme s'applique à un grand nombre de petits oiseaux de la famille des pinsons, tarins et moineaux. Le moineau commun d'Europe est remplacé ici par le *Passer montanus*, tandis que notre vulgaire tarin y cède la place au *Chrysomitris spinus (Houang-tchiao,* moineau jaune), auquel les enfants s'amusent à apprendre mille petits tours.

A ce propos, nous ne pouvons passer sous silence le respect qu'ont les Chinois pour la vie de tous les oiseaux. Ils ne mangent pas de gibier. Par exception à leur douceur envers les animaux, ils ont la passion des combats de cailles, sur lesquels ils risquent de gros enjeux. A cet effet, ils gardent ces oiseaux dans un petit sac de toile à fond de bois.

16. ARDÉIDÆ, *Tchio-tching*. La description chinoise s'applique exactement au héron blanc, *Herodias alba*. Nous avons aussi reconnu le *Gorsachius melanolophus* de l'Inde et le blongios chinois, *Ardetta sinensis*.

17. SYLVIDÆ, *Tsiao-liao*. Le plus remarquable des nombreux petits oiseaux décrits sous ce nom est l'*Orthotomus longicauda*, qu'on appelle aussi l'habile ouvrière, la bonne ménagère, etc. On considère son nid comme si petit qu'en parlant d'un objet de très petite dimension, on dit souvent là-bas : « Ce n'est pas plus gros qu'un nid de fauvette ouvrière dans le sourcil d'un moustique. »

18. EGRETTA GARZETTA, *Lou-chin*. Elle n'est pas mentionnée dans le catalogue de Swinhoe, et nous ne nous rappelons pas l'avoir vue, mais elle est commune au Tcheli, et existe sans doute dans l'ouest de la province et sur les lacs du sud-ouest.

19. MOTACILLIDÆ, *Tchi-ling*. Nous reconnaissons dans la description le hoche-queue du Baïkal, *Motacilla ocularis,* et la Bergeronnette printanière, *Budytes flavus,* puis

le *Limonodromus indicus*, que nous avons d'ailleurs tous vus aux environs de Tchéfou.

20. Columba, *Ko*, désigne les pigeons domestiques et le pigeon voyageur.

21. Coturnix communis, *Tchoune* ou *An-tchoune*, la caille, que l'on dit être une grenouille ou un poisson métamorphosé en oiseau.

22. Otis tarda, *Pao*. Suivant les Chinois, la femelle s'accouplerait avec tous les mâles des autres oiseaux. Elle est l'emblème de la prostituée; aussi appelle-t-on souvent vieille outarde, *Lao-pao*, une entremetteuse ou une patronne de lupanar.

23. Ciconia Boyciana, *Tchiou* ou vulgairement *Lao-Kouâne*. On la décrit comme un oiseau pêcheur. Nous l'avons vue en captivité chez les mandarins. Les os des pattes servent à faire des bâtonnets qui auraient la remarquable propriété de rendre inoffensifs les mets empoisonnés.

24. Scops stictonotus, *Hsiao* ou *Hsiao-fou*. J'ai essayé en vain d'élever cet oiseau en captivité; il a toujours refusé toute nourriture.

25. Gallinacés, *Ki*. Ce nom s'applique à tous les gallinacés et aux faisans, qu'on appelle *Yeh-ki*, poules sauvages.

26. Anserinés, *Ya*. On en décrit deux sortes : l'espèce sauvage et l'espèce domestique. Nous avons possédé dans notre volière, à Tchéfou, le cygne criard, *Cygnus musicus*, dont une paire avait été capturée au phare du cap Chantoung sur la lanterne duquel elle était venue s'abattre.

27. Enfin l'Anser cycnoïdes, aussi appelé *Sarkidiornis melanonotos*, *Ngo* ou *Kia-ngo*, termine la liste des oiseaux cités dans les Annales, et que nous avons tenu à donner telle qu'on la trouve dans cet ouvrage, comme spécimen de la science et de la synonymie chinoises.

§ VIII. Reptiles.

La classe des reptiles est assez pauvrement représentée. L'alligator chinois *(Alligator sinensis)*, que nous avons découvert sur le *Yang-tze-kiang*, n'a pas encore été trouvé dans cette province, où l'on découvrira peut-être un jour ses restes. Quelques noms géographiques semblent indiquer en effet qu'il a existé autrefois dans ce pays. Ainsi, dans l'archipel des îles *Miao-tao*, au nord-ouest de Tchéfou, nous trouvons l'île *To-ki* ou de l'alligator.

Nous avons recueilli un petit lézard gris ocellé, commun aux environs de Tchéfou : c'est l'*Eremias argus;* et un gecko *(Gecko japonicus* ou *G. Swinhoensis, G. sinensis)* commun dans les maisons.

Quant aux ophidiens, il en existe au moins trois espèces. Le plus commun est une grande couleuvre grise à ventre bleuâtre ; on remarque des teintes rouges des deux côtés du cou ; son nom scientifique est *Elaphis dione*. Elle est absolument inoffensive, ainsi que *E. sauromates* et *E. tæniurus*, que nous avons aussi trouvés. D'après le Rev. Williamson, il existerait à Tchéfou même une vipère dangereuse. Il cite le cas d'une dame qui aurait été fort malade à la suite d'une morsure de ce trigonocéphale. Malgré toutes nos recherches, nous n'avons jamais pu le trouver. C'est sans doute le *Halys Blomhoffii*, qui existe à Tientsin, est commun en Mongolie et au Japon, et descend jusqu'à Formose.

Les grenouilles sont nombreuses, et les Chinois mangent comme nous la *Rana esculenta*. Dans les collines existe une sorte de petite grenouille à ventre rouge marbré de noir et qui ressemble beaucoup au *Bombinator igneus*, bien que M. R. Swinhoe nous ait affirmé que c'est une autre espèce. J'ai encore trouvé le *Rana viridis marmorata*, une espèce nouvelle, la *Rana Plancyi*, et une petite rainette, *Hyla sinensis* (?).

Les crapauds sont moins communs et appartiennent à la variété japonaise du *Bufo vulgaris*. M. Collin de Plancy a découvert à Tchéfou une espèce nouvelle, le *Bufo Raddei* (1). Les Chinois les enferment dans une boîte avec de la farine et les forcent, en les tourmentant, à exsuder leur humeur visqueuse. La farine ainsi imprégnée est employée en médecine. — Nous n'avons jamais vu de salamandre terrestre ou aquatique.

On trouve plusieurs espèces de tortues dans les eaux douces de la province. La plus commune appartient à l'espèce à carapace molle ; elle atteint dans le Fleuve Jaune des dimensions considérables et devient alors sacrée aux yeux des sectateurs de Bouddha, qui considèrent comme une œuvre méritoire de la relâcher après avoir attaché à sa carapace une petite plaque de métal portant le nom du sauveteur et la date de l'opération. La petite espèce, *Trionyx perocellatus*, est employée dans l'alimentation et se trouve chaque jour sur le marché. La petite tortue de terre, *Emys sinensis*, si commune au sud du Chan-toung, n'a jamais été trouvée par nous à l'état sauvage dans le nord.

§ IX. Poissons.

Nous avons pu étudier et faire peindre d'après nature une cinquantaine d'espèces de poissons pris sur les côtes ou dans les rivières de la province. C'est peu de chose, étant donné le nombre très considérable de poissons actuellement connus en Chine, plus de 1200. Du temps de Lacépède (1789-1803), on n'en connaissait qu'une quarantaine d'espèces, et encore étaient-elles assez douteuses, ayant été décrites d'après des aquarelles plus ou moins exactes dues à des artistes indigènes de Canton ou de Macao (2). Nieuhoff, qui ne peut passer pour une autorité

(1) Cfr H. E. Sauvage, *Sur quelques batraciens de Chine*, dans Bulletin de la Société philomatique de Paris, 12 mai 1877.

(2) Cfr Osbeck, Voyage a la Chine, p. 107.

scientifique, disait que « le poisson *Xehoo* de la rivière safranée (Fleuve Jaune) est fort recherché des grands beuveurs ».

Le premier naturaliste qui se soit occupé sérieusement des poissons de la Chine du nord et les ait décrits d'après des individus conservés dans l'alcool est le savant russe Basilewski (1); puis vinrent Bleeker (2), G. Playfair (3), H. Jouan (4), enfin O. von Mollendorff, qui, dans son travail *The Vertebrata of the Province of Chili*, donne une liste de 28 espèces, la plupart avec leurs noms chinois.

Ainsi que le remarque fort bien le docteur anglais G. Playfair, qui étudia les poissons des environs de Taku en 1840 et 1841, la majorité des espèces fréquentant le golfe du Petchili appartiennent à des poissons de la baie du Bengale et des mers de l'Inde. Un grand nombre sont aussi communs aux mers du Japon. Ce fait s'explique facilement par les courants marins qui viennent du sud et remontent le long des côtes de Chine, où ils rencontrent une branche du Kuro-Siwo, le grand courant des mers du Japon.

Si nous examinons les poissons du Chan-toung d'après l'ordre des familles naturelles, nous trouvons les grands squales représentés par le requin japonais, *Carcharias japônicus*, que les pêcheurs appellent *Mao-téou-yü* (poisson à tête de chat) et les lettrés *Sha-yü* (poisson sable); puis par le squale marteau, *Sphyrna zygæna*. Les raies sont nombreuses, et nous avons vu pêcher la raie aigle, *Myliobates aquila*, la raie chinoise, *Raja sinensis*, les raies japonaises, *R. Kinojei*, *Pteroplatea japonica*, et la pastenaque de Malaisie, *Trygon (Himantura) walga*.

(1) Basilewski. ICHTHYOGRAPHIA CHINÆ BOREALIS. Moscou, 1852.

(2) Bleeker. *Description de quelques espèces de poissons nouvelles ou peu connues de la Chine*, dans NEDERLANDSCHE TIJDSCHRIFT ...

(3) Dr Georges Playfair. ANNALS AND MAGAZINE OF NATURAL HISTORY. Vol. 9, 1842, n° 58, June.

(4) H. Jouan. *Description de quelques poissons et de quelques oiseaux du nord de la Chine*, dans MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES ET MATHÉMATIQUES DE CHERBOURG, vol. XII, 1866.

L'ordre des chondrostéens est représenté par le grand esturgeon chinois, *Acipenser sinensis*, que l'on trouve dans le Fleuve Jaune et qui nous rappelle ce vers d'Ovide:

Tuque peregrinis Acipenser nobilis undis.

Les Chinois lui donnent respectivement le nom de *Yü-pan-yü*, poisson à plaques de jade, ou de *La-yü*, poisson-cire, ce dernier nom sans doute à cause de la couleur de sa chair. Aux embouchures des rivières, on trouve le *Percalabrax pœcilonotus* ou *P. japonicus*, ainsi que le *Labrax lu-yü*. Viennent ensuite deux poissons brillamment habillés, savoir : le *Pagrus cardinalis* et le *Sebastes marmoratus*. Le remarquable grondin, le *Trigla kumu*, est japonais, ainsi que le poisson ceinture *Taï-yü*, *Trichiurus japonicus*. La famille des thons (Scombéridés) nous offre encore deux espèces japonaises : *Scomber jamesaka* et *Cybium nipponicum*. Quelques espèces sont dangereuses à certaines époques, et plus d'un de nos marins en a fait à Tchéfou la cruelle expérience.

Les mers froides des côtes de Sibérie envoient un léger courant du nord dans le golfe du Petchili, et c'est sans doute à cette particularité que nous devons la présence d'un gade dans les eaux de Tchéfou. D'après le dessin colorié que nous en possédons, il diffère légèrement de la morue commune, *Gadus morrhua*. Il fournit aux Chinois une huile réputée en médecine. On l'appelle vulgairement le poisson à grosse tête du Chan-toung, *Chan-toung-ta-téou-yü*.

Un autre poisson fournissant de l'huile en abondance est le silure, *Silurus asotus*, qui mesure jusqu'à cinq pieds de longueur et habite le Fleuve Jaune.

Les poissons plats, plies et soles, sont nombreux sur les sables de la baie de Tchéfou ; nous en avons reconnu une dizaine d'espèces, dont la plus curieuse est une sole zébrée de bandes alternativement blanches et brunes, *Synaptura (Brachyurus) zebra*. Les Chinois considèrent ces poissons

comme incapables de nager seuls : il faut, disent-ils, qu'ils soient accolés deux à deux pour former un poisson complet.

Le *Harpodon nehereus*, que l'on sèche à Bombay pour l'importer ensuite en Chine sous le nom de *Bombay duck*, existe aussi à Tchéfou. Le poisson volant que l'on y voit fréquemment en été, est une variété d'*Exocœtus*, voisine du *E. brachycephalus* de Gunther.

Le cyprin doré, qui, comme l'on sait, est gris à l'état sauvage, se trouve dans toutes les rivières. Dans les temples, où on le cultive spécialement, on en a obtenu des variétés trop nombreuses pour être énumérées ; les plus importantes sont celles à gros yeux, dit cyprin télescope, *Cyprinus macrophthalmus*, et celle à quatre queues, *C. quadrilobatus*. Les carpes sont aussi fort communes ; on les vend vivantes sur le marché dans des baquets d'eau douce en compagnie de l'*Ophicephalus*, de la murène cendrée, *Muræsox cinereus*, ou de la murène chinoise, *M. sinensis*. Une curieuse superstition veut que les anguilles naissent de la transformation des cheveux ou des racines de saule. Les harengs et les aloses de Tchéfou sont célèbres et on les vend secs ou salés jusque dans les rues de Pékin. Les Européens enfument aussi quelquefois le hareng pour l'envoyer à Shanghaï sous le nom anglais de *Chefoo herrings* : c'est le *Clupea inermis* de Basilewski, tandis que l'alose, plus connue sous le nom cantonnais de *Sam-laï*, est le *Pellona elongata*.

En fait de poissons curieux, nous avons aussi eu l'occasion de voir à Tchéfou un hippocampe, *Hippocampus comes*, et un *Liparis*. Ce poisson possède une ventouse entre les nageoires ventrales, et se fixe sur les pierres, grâce à cet appendice. Les Chinois, dit-on, l'attachent par la queue et s'en servent pour capturer d'autres poissons auxquels il se colle.

Nous avons recueilli un petit poisson des plus extraordinaires, que M. Swinhoe a emporté au British Museum

où il a été reconnu pour le jeune du *Pelor japonicum*. Il était remarquable par la couleur de ses nageoires rouges et noires, qui lui ont fait donner par les Anglais le nom de *Butterfly fish*, poisson papillon. Citons encore le *Salanx sinensis*, sorte de poisson complètement transparent et que M. Vaillant croit être une forme larvaire, comme la bichique de La Réunion. En cuisant il devient blanc opaque, aussi les Chinois l'appellent *Mi-yü*, poisson riz.

Les habitants du cap Chan-toung sont presque tous pêcheurs, et leurs villages exhalent, en été, une puanteur insupportable à cause des grandes quantités de poisson qu'on y fait sécher au soleil et qu'on exporte de là dans toutes les provinces. Ils ne se contentent pas de sécher le poisson, mais ils font aussi subir cette préparation aux crevettes, holothuries, méduses, huîtres et moules. Les chiffres suivants donneront une idée de l'importance de ce commerce d'exportation :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Poisson salé. . .	10 087 piculs (1)	9 214 pic.	13 248 pic.	21 303 pic.	25 399 pic.
Crevettes séchées.	6 870 „	9 481 „	18 143 „	15 423 „	14 656 „

Ces crevettes sont des espèces de grands palémons de mer, *Palæmon indicus* des naturalistes, que l'on vend toujours liés deux par deux, d'où leur nom de *Tui-hsia* (paire-crevettes).

Les poissons d'Europe sont peu communs en Chine ; la truite et le saumon y sont inconnus, sans doute à cause de la nature des eaux le plus souvent boueuses.

§ X. Insectes.

Le grand embranchement des arthropodes est largement représenté dans la province, et nous avons pu y récolter un certain nombre de lépidoptères, de coléoptères, d'hymé-

(1) Le picul vaut 60 kilogr. 40 gr.

noptères, de névroptères, de crustacés, etc. De tous les insectes les papillons étant les plus intéressants, grâce à leur parure éclatante ou à leurs usages industriels, nous étudierons d'abord ces brillants habitants de l'air. Les plus richement décorés sont, comme partout, les rhopalocères, divisés en *Papilionidæ, Nymphalidæ, Lycænidæ* et *Hesperidæ*. Parmi les papillons proprement dits *(Papilionidæ)*, nous avons capturé aux environs même de Tchéfou : le *Papilio xuthus*, le *P. pamnon* (?), le *P. eurypilus* (?). Le *P. machaon* et ses variétés nous rappellent la France ; quant au *P. dissimilis*, il est bien indigène. Nous retrouvons l'Europe représentée dans la tribu des *Pieridæ* par les *Pieris rapæ* et *P. napi ;* le Japon, par l'*Antocharis Thunbergii* et le *Colias simoda* avec sa variété albine. Par contre, nous avons le *Colias sinensis*. On rencontre de nombreuses argynnis et vanesses, parmi lesquelles nous pouvons citer l'*Argynnis Lysippe* et *A. nerippe*. Le *Vanessa C. aureum* et *V. Pyrameis cardui* nous parlent de notre pays. Nous avons pris aussi un *Apatura* que nous n'avons pu déterminer. Les *Satyrinæ* nous ont présenté le *Cœnonympha amaryllis* et le *Satyrus Menetriesi*, tandis qu'un *Lycæna* voisin du *L. argiolus* rappelle les *Lycænidæ*.

La grande tribu des hétérocères est largement représentée, surtout dans les *Sphingidæ*. Parmi ceux-ci nous retrouvons notre sombre tête de mort, *Acherontia atropos;* le *Sphinx convolvuli* fort commun, ainsi que le *Macroglossa stellatarum*. L'*Ampelophaga rubiginosa*, aussi nommé *Chærocampa*, est commun sous sa forme japonaise, *Ch. japonica*, ainsi que l'*Ambulyx Tatarinowii*, remarquable par ses ailes supérieures d'un gris laiteux et ses inférieures roses. Dans la famille des *Saturnidæ*, nous trouvons nos plus grands et surtout nos plus utiles papillons. Le plus brillant est l'*Actias selene*, d'un beau vert tendre, bordé de rose sur les ailes supérieures. Ces couleurs se ternissent malheureusement dans les collections. Moins richement ornés mais incomparablement plus utiles sont

l'*Attacus Pernyi*, ou ver à soie du chêne, et l'*A. cynthia vera*, qui vit sur l'ailante et donne aussi des cocons fournissant une soie grise des plus solides. Comme cela arrive souvent, le premier ne porte pas le nom du modeste religieux franciscain italien, Annibal Fantoni, qui, le premier, en 1851, l'envoya du Chan-toung en Europe, où il fut cependant décrit sous le nom de *Bombyx Fantoni*. L'on décora même le Père Fantoni de l'ordre des SS. Maurice et Lazare, pour avoir exposé à Turin, en 1856, des cocons, des papillons, des soies grèges et ouvrées de ce nouveau séricigène. Il en envoya aussi des cocons à la Société d'Acclimatation de Paris qui, pour l'en remercier, le nomma membre à vie. Cela n'empêcha pas l'abbé P. Perny, quelques années plus tard, d'importer ce séricigène comme nouveau, et Guérin Méneville de le baptiser *Saturnia Pernyi*, en 1869 (1). Or, il est probable qu'il a été envoyé en France dès 1662 par le jésuite d'Incarville. Dans un vieux livre latin, édité à Middelbourg, en 1662, par Jean Goedart, sous le titre de : METAMORPHOSIS ET HISTORIA NATURALIS INSECTORUM AUTORE *(sic)* JOANNE GOEDARTIO, *cum commentariis D. Joannis de Mey ecclesiastis*, nous trouvons, en effet, les lignes suivantes : « *Experimentum vigesimum quartum. Papilio in apposita tabula depictus Parisiis missus fuit ad authorem metamorphosis naturalis ob excellentem pulchritudinem ac ingentem magnitudinem qua indagaret. Deprehensus fuit in horto regio, traditusque nobilissimo D. Borelio, apud Galliæ regem illustriss. ord. Fœderati Belgii legato, qui eum huc transportari curavit.* »

Aucun nom n'est donné dans le texte, ni inscrit sous la gravure, mais elle représente parfaitement notre *Attacus*

(1) M. Constantin Skatchkoff, consul de Russie à Tien-tsin, en 1872-74, nous a affirmé que c'est d'après ses notes et sous sa dictée que M. Perny rédigea son premier article sur l'*A. Pernyi*, que M. Skatchkoff avait importé en Crimée en 1852. Il avait été décrit par Mackowski sous le nom de *Bombyx Constantini*.

Pernyi, qui, légitimement, devrait porter le nom de *A. Incarvillei*. Comme son proche parent, l'*A. yama-maï* du Japon, il vit sur le chêne. Au Chan-toung, on l'élève en liberté, d'où son nom de ver à soie sauvage *(Yeh-tsan)*, sur le *Quercus sinensis*. Il fournit une soie excellente qui, tissée en pièces, est bien connue sous le nom de pongée du Chan-toung, d'où l'on en exporte de grandes quantités, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres suivants :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Soie grège :	2 049 piculs	2 482 pic.	1 233 pic.	2 172 pic.	2 731 pic.
„ déchets :	5 230 „	8 554 „	8 313 „	6 488 „	8 325 „
Pongées :	2 507 „	3 108 „	2 829 „	2 211 „	2 766 „

Le *Saturnia cynthia* est moins cultivé. Le Dr Williamson nous parle d'un ver à soie qui vivrait sur le poivrier *(Xanthoxylum piperitum)* et donnerait une soie de couleur foncée inattaquable aux insectes. Je n'ai jamais pu le découvrir, et je suis à peu près certain que c'est l'*Attacus cynthia* qui, lorsqu'il est nourri sur le *Xanthoxylum*, donne cette soie noire (1).

Le ver à soie du mûrier, *Bombyx mori*, est, comme au temps de Marco-Polo, l'une des richesses de la province. On le trouve surtout dans les régions occidentales et centrales. Tchéfou est le port d'où l'on expédie une partie de ces soies ; l'autre va à Tientsin. On aura une idée de l'exportation des soies du mûrier par Tchéfou, grâce aux chiffres suivants :

Années :	1885	1886	1887	1888	1889
Soie grège :	1 313 piculs	1 377 pic.	1 232 pic.	1 424 pic.	2 471 pic.

Citons encore, pour en finir avec les papillons, un *Parnassia* vert ou *Nearea punica* vivant sur les jujubiers

(1) Dr Williamson. *Notes on the Productions chiefly Mineral of Shantung*, dans le JOURNAL OF THE NORTH CHINA BRANCH OF THE ROYAL ASIATIC SOCIETY Shanghai. New series 7, December 1877, n° IV, pp. 64 et suiv.

et dont le cocon dur est souvent envahi par une mouche parasite. Un Ophideres, *O. salaminea*, nous rappelle celui de Madagascar *(O. imperator)*, tandis que le *Spirama retorta*, autre noctuidé, a un facies absolument chinois.

Les hémiptères sont très abondants. Nous avons recueilli 4 ou 5 espèces de cigales, savoir : *Cryptotympana repanda*, la plus grosse de toutes; *Platypleura repanda*, *Leptopsaltria quadrituberculata*, *Cosmopsaltria chlorogaster* (?); enfin la *Cicada sanguinea*, employée en médecine ainsi que les dépouilles des larves des précédentes. Les punaises des bois présentent de nombreuses et curieuses espèces ; nous citerons : l'*Erthesina fullo*, l'*Anoplocnemis phasianus*, l'*Eurydema rugosa*, le *Lygeus civilis*, rouge à taches noires (1). La punaise des lits n'a été rencontrée qu'une fois, mais il n'en est pas de même malheureusement des puces, poux et autres parasites humains.

Notre nèpe est remplacée par le *Belostoma indicum*, et un curieux insecte, l'*Homœogamia sinensis*, est, comme son nom l'indique, spécial à la Chine. On l'emploie aussi en médecine. — Les orthoptères pullulent, et l'on a eu souvent à déplorer des invasions de sauterelles. Les plus fameuses sont celles des années 991, 1176, 1310 et 1330. Nous en avons recueilli un certain nombre qui ont été reconnues par un savant espagnol, M. Bolivar. Voici les principales, par ordre de grandeur : l'*Acridium roseum*, l'*A. peregrinum*, puis l'*Acrida lineata* ou *nebulosa*, tantôt vert tantôt gris, suivant qu'on le rencontre dans l'herbe ou sur la terre ; le *Pachytylus marmoratus;* un *Decticus affinis sinensis*, mais peut-être nouveau ; le *Caloptenus femoratus;* le *Gampsocleis gratiosa*, que les Chinois pauvres gardent en cage en guise d'oiseau chanteur. Nous avons recueilli une forme jeune et très remarquable de *Bradyporida*, qui n'a malheureusement pas pu être déterminé.

(1) Nos hémiptères ont été déterminés par M. le Dr Signoret, à Paris.

Notre mante religieuse est remplacée par l'*Hierodula simulacrum*, notre grillon par le *Gryllus mitratus;* la courtilière est la même que celle d'Europe.

L'insecte à cire, *Coccus pela*, ou *Cicada (Flata) limbata*, vit au Chan-toung sur le *Ligustrum lucidum;* on en retire la cire d'insecte, en chinois *pai-la* ou *pe-la*, qui constitue un important article de commerce avec l'Europe.

Le vulgaire hanneton est inconnu; on trouve à sa place le *Polyphylla sinensis*, qui est d'ailleurs assez rare. Les autres coléoptères remarquables et dont nous devons les noms à MM. A. David et Fermaire, sont principalement des carabides, savoir : la brillante *Cicindela sinensis*, le riche *Coptolabrus smaragdinus*, les noirs *Scarites eurytus* et *Scarites dischromus;* le sombre et funèbre *Cyphogenia sepulchralis*. Les cétoines sont nombreuses; la plus grosse est la *Cetonia submarmorea*. Citons encore l'*Hypsosoma mongolicum*, le *Chlœnius biguttatus*, et quatre harpales, *H. corporosus*, *H. griseus*, *H. pastor* et *H. pallidipennis*.

La famille des scarabéides nous a fourni le *Copris molossus*, le *Xylotrupes dichotomus* qui est aussi au Japon, la *Cetonia marmorata* de la Chine centrale, qui forme une variété de l'espèce européenne et diffère de la *C. submarmorea* du Japon; la *Cetonia lazarista;* le *Glyciphana pilifera*, etc. Les élatérides nous ont donné le *Lacon binodulus* et le *Melanotus niger*, tandis que les ténébrionides sont représentés dans notre collection par l'*Akis sinensis* et l'*Anatolica pygmæa*.

Trois méloïdes employés en médecine par les Chinois ont été reconnus: *Mylabris Schonheri*, *M. daurica*, *Epicauta plumicornis*. Dans la famille des longicornes, nous citerons comme ayant été recueillis par nous sur les saules, les pauwlonia et autres arbres à bois mou : le *Callichroma Bungiusi*, *C. cyanicornis*, *C. ruficornis*, un *Melanauster*, le *Batocera Germari*, et le *Cyrtognathus paradoxus*.

Les névroptères présentent de nombreuses espèces ; nos spécimens mal conservés n'ont pu malheureusement être déterminés. Les Chinois, fort observateurs, emploient une méthode curieuse pour les capturer. Ils en attachent un par le corselet au bout d'un long et léger fil de soie fixé à l'extrémité d'un bâton. Une libellule libre se précipite et s'attache à la prisonnière, ce qui permet de la saisir facilement. Cette sorte de pêche à la libellule est fréquemment pratiquée par les enfants.

Les abeilles sont petites et paraissent être une variété de l'abeille européenne. J'avais souvent remarqué à la campagne, dans les murs en terre des maisons, des ouvertures en écumoire qui m'intriguèrent assez longtemps. Je finis par m'apercevoir que ces trous, percés dans une planche de bois, constituaient l'entrée de cavités ménagées dans l'épaisseur du mur et habitées par des abeilles. Ce dispositif ingénieux permet de soustraire facilement la ruche à l'atteinte des grands froids et en défend efficacement l'entrée aux ennemis naturels des abeilles, les crapauds, oiseaux ou gros insectes.

Les arachnides nous ont offert de gros scorpions dont les variétés sont spéciales à la Chine. Leur piqûre donne la fièvre pendant trois à quatre jours, mais est moins pénible que celle du grand cent-pieds chinois *(Scolopendra morsitans)*. Une fort belle Épeire, *E. picta* (?), tisse ses toiles de soie jaune dans les pins sur les collines. Ces toiles sont si solides que de petits oiseaux, voire des moineaux, s'y prennent quelquefois.

J'ai vu souvent un cent-pieds à pattes fort longues annelées de noir, le *Cermatia nobilis*. Il est inoffensif.

Si nous abandonnons le monde des insectes pour étudier celui des crustacés, nous trouverons dans les eaux douces du Chan-toung un crabe, l'*Eriocheir sinensis*, un palémon rose, *P. sinensis*, et un *Alphæus*. Les côtes n'ont pas de homards, mais on y pêche des crabes variés dont les plus

curieux sont *Matuta lunaris* (1), *Orythia mamillaris, Ocypoda* sp., *Lupa pelagica, Thalamita natator, Albunea symnista.*

Les pêcheurs apportent sur le marché de gros palémons, *Penæus indicus,* et de petites crevettes *(Hsia-mi)* que l'on sèche et dont on fait une sauce très réputée. Nous avons recueilli dans ce genre *Callianassa subterranea* et *Squilla oratoria* qui nous reportent à la Méditerranée.

§ XI. Mollusques.

Nous avons recueilli 90 espèces de mollusques conchifères dont nous devons les noms à l'amabilité de MM. Morlet et Fischer du Muséum de Paris.

Les espèces les plus communes sur les plages de sable fin sont les suivantes: *Arca crenata* (cultivée), *Cancellaria Spengleriana, Scalaria aurita, Nassa varicifera, Cardium papyraceum,* la légère et transparente *Anatina lanterna,* la *Cytherea zonalia;* la Vénus du Japon, *Venus jedoensis,* le *Donax bicolor,* la *Mactra sulcatoria,* plusieurs tellines, et une espèce spéciale à Tchéfou, la *Fragilia yantaiensis* découverte par Debeaux en 1860 ; une grosse *Natica, N. duplicata,* dont le nid, en forme d'abat-jour de lampe d'étude, fait de sable agglutiné, a longtemps exercé l'imagination des savants qui l'ont pris pour une sorte de polype et l'ont tour à tour baptisé : *Flustra arenosa, Eschara lutosa* Pall., etc. (2).

Sur les rochers on trouve un grand nombre de gastéropodes dont les plus communs sont :

Buccinum undatum, Purpura tumulosa, un Murex spécial au nord de la Chine, *Murex talienwhanensis; Turbo creniferus, Monodonta labio, Trochus rugosus, Patella*

(1) Je l'ai retrouvé à la Réunion et à Madagascar.
(2) Cfr Linnean Transactions, vol. V, p. 230, pl. 10.

granostriata. La Corée est représentée par le *Siphonaria coreensis*.

Les huîtres sont communes et excellentes; elles appartiennent à cinq ou six espèces, savoir: *Ostrea imbricata*, *O. hyotis*, *O. Chemnitzii*, *O. reniformis;* enfin la plus grande de toutes, l'*O. talienwhanensis* de Crosse, qui atteint plus au sud sur le fond vaseux de Ningpo une longueur de plus de 50 centimètres, d'où son autre nom, *Ostrea gigas* de Thunberg. Les Chinois font une grande consommation de ce mollusque tant à l'état frais qu'à l'état sec. Dans le premier cas, on le vend sans sa coquille et dans de l'eau de mer, ce qui lui donne un aspect peu engageant.

Sur le fond vaseux de l'embouchure du Fleuve Jaune on récolte la *Natica Fortunei*, le *Sigaretus Lamarkianus*, le *Pecten squamosus*. Au cap Chan-toung nous avons récolté une jolie térébratule rose, *Terebratella frontalis*, assez rare et que nous n'avons trouvée que là.

Les eaux douces sont habitées par plusieurs espèces d'unio : *Unio Leai*, *Unio alata;* on y récolte aussi *Paludina sinensis*, *P. quadrata*, *Cyrena fluminalis*(?), plusieurs espèces de corbicules dont *Corbicula consobrina*, et une lymnée très abondante suivant Debeaux. Le *Dipsas plicatus* y atteint d'énormes dimensions.

La nature granitique du Chan-toung oriental jointe à la sécheresse du climat et à l'absence de forêts font que les coquilles terrestres sont assez rares et fort petites. Nous avons recueilli dans les environs de Tchéfou une hélix blonde à demi transparente qui ne dépasse guère 1 1/2 à 2 centimètres de diamètre maximum, l'*Helix ravida*. Plus commun est l'*H. pyrozona* de Martens. On a trouvé à Tchi-nan-fou une hélix nouvelle, *H. Zenonis*, très proche de l'*H. tectum sinense* (1). M. O. De-

(1) Cfr *Notice sur les mollusques vivants observés dans le nord de la Chine*, par M. O. Debeaux, dans RECUEIL DE MÉMOIRES DE MÉDECINE, DE CHIRURGIE ET DE PHARMACIE MILITAIRES, 2e série, tome VI, 1861.

beaux a trouvé, à Tchéfou même, trois hélix nouvelles, savoir : *H. tchefouensis, H. yantaiensis, H. Frilleyi;* sur les îles, une *Pupa* et une *Rissoa* (1). Cet auteur compare la faune malacologique vivante de Tchéfou à la faune fossile des faluns de Léognat, des environs de Bordeaux, et de Sancals, des environs de Plaisance, Italie. Il cite treize espèces fossiles de ces faluns que l'on trouve actuellement vivantes à Tchéfou, ce sont les suivantes : *Cancellaria acutangula, Nassa reticulata, Natica glaucina, Sigaretus haliotideus, Murex Sowerbyi affinis, Pyrula Lainei, Ostrea longirostris, Cardium lævigatum, Mactra striatella, Lucina (leoninæ* aff.), *Donax triangularis, Solen vagina* et *Mytilus antiquorum.*

Comme à l'époque tertiaire, ces mollusques vivent actuellement dans les mêmes latitudes et dans des conditions équivalentes de température. Avec Debeaux nous nous demandons : « Comment se fait-il que des mollusques qui vivaient dans les mers tertiaires d'Europe aient pu échapper aux cataclysmes qui ont bouleversé le globe ? »

Parmi les échinides, nous mentionnerons *Salmacis Dussumieri, Strongylocentrotus tuberculatus* et *S. depressus.* Les astérides nous ont offert quatre espèces, dont *Asterias Forbesi* et *Cribella ornata.* Une fort belle espèce, de couleur bleue semée de points rouges *(Asteriscus),* n'a pu malheureusement être déterminée, pas plus qu'une élégante espèce gris clair, *Luidia tesselata* (?). Grube a aussi décrit une espèce nouvelle sous le nom de *Luidia chefuensis* (2).

Enfin nous fermerons ce chapitre en citant un bryozaire de l'espèce *Lepralia.*

Les acalèphes sont représentés à Tchéfou par plusieurs

(1) Cfr JAHRBUCH DER DEUTSCHEN MALAKOZOOLOGISCHEN GESELLSCHAFT FRANKFURT A/M, IX p. 48 et VIII pp. C33-43, pl. 1, fig. 8-10, et MALAKOZOOLOGISCHE BLAETTER (2) V, p. 172.

(2) *Notice malacologique sur quelques points du littoral chinois,* par M. O. Debeaux, dans JOURNAL DE CONCHYLIOLOGIE, Paris, 1863.

espèces de méduses, genre rhyzostome, atteignant souvent de grandes dimensions. Les Chinois les mangent à l'état frais ou séchées au soleil. Ils pêchent aussi l'holothurie, la font sécher ou la fument.

La *Sepia sinensis, Wu-tsei-yü* (voleur noir), leur fournit chaque année une abondante moisson. On la fait sécher au soleil sur les rochers du cap Chan-toung et on l'expédie en grande quantité dans toute la Chine sous le nom commercial anglais de *Dried cuttle fish*.

Bien que les coraux ne remontent point jusqu'à cette latitude, nous avons récolté sur des îles en face de Tchéfou quelques petits spécimens d'un *Caryophyllus* et de *Flustra*.

Les helminthes terrestres sont rares, grâce sans doute à l'habitude des Chinois de mettre toujours de l'arsenic dans leurs fumiers. Je n'ai presque jamais vu de lombrics terrestres au Chan-toung. Par contre, le lombric intestinal *(Ascaris lumbricoides)* est commun chez l'homme. Une filaire tue les chiens et les chevaux en pénétrant dans le cœur et les poumons. Nous en avons recueilli une dans un ruisseau, qui mesurait sept mètres de longueur et qui y avait été sans doute vomie par un chien. Grâce à Dieu, la *Filaria sanguinis hominis*, découverte à Amoy par le docteur Patrick Manson, ne semble pas exister au Chan-toung.

Quant aux infusoires et spongiaires qui terminent la nomenclature, nous n'avons pu les étudier et nous ignorons quelles sont les espèces qu'on peut rencontrer dans ce pays où il reste encore beaucoup à faire dans toutes les branches, mais surtout dans cette dernière.

A.-A. Fauvel,
ancien fonctionnaire
des douanes impériales chinoises.

LES BANTOUS

ESSAI DE LINGUISTIQUE ET D'ETHNOGRAPHIE AFRICAINES

Dans un article sur l'*Origine asiatique de la race noire* (1), nous avons essayé, l'an dernier, de lever un coin du voile qui dérobe encore aux yeux de l'érudition européenne les obscurs commencements des peuples de l'Afrique.

De ces recherches se dégageait, si nous ne nous faisons point trop grande illusion, cette conclusion un peu vague et générale, à défaut de solution précise, impossible à atteindre dans l'état présent de la science : Les Noirs occupent dans l'ethnographie des races humaines une position moins isolée que ne l'avait donné à penser une première vue d'ensemble jetée sur leurs mœurs, leur état social, leur conformation physique, si différents du reste de l'humanité. Aujourd'hui, l'on entrevoit la possibilité de rattacher ce rameau aberrant au tronc commun d'où sont issus tous les peuples, et même, — pourtant ce résultat spécial demeure plus problématique, — de marquer le

(1) *Revue des questions scientifiques*, avril 1891.

point précis de l'attache, et par suite la direction dans laquelle les Noirs ont divergé, après leur départ du séjour commun de l'humanité primitive.

Ce vaste et intéressant problème de la filiation des Nègres n'aboutira toutefois à une solution définitive que le jour où une enquête anthropologique suffisamment complète aura mis l'ethnologue en possession des éléments divers qui peuvent et doivent concourir à trouver cette solution.

Au reste, ne soyons pas surpris si de profondes obscurités entourent encore l'origine et l'ethnogénie des populations africaines. Il y a si peu de temps qu'elles viennent d'entrer dans les préoccupations scientifiques. Sans doute, ces dernières années ont vu se multiplier, d'une façon tout à fait extraordinaire, grâce aux explorateurs et aux missionnaires de toutes nations, nos connaissances et nos données sur les choses d'Afrique. Néanmoins, il faudra du temps pour coordonner tant d'éléments épars, concilier parfois des témoignages contradictoires, contrôler des assertions erronées, approfondir des aperçus superficiels. Que d'études, que d'années, que d'efforts soutenus n'a point exigés la connaissance acquise aujourd'hui de la parenté des peuples européens! Même après de si longues et de si patientes recherches, après de si nombreux travaux, qui oserait affirmer que cet arbre généalogique est définitivement dressé?

Si les progrès de l'ethnographie ont marché avec cette lenteur, et abouti à ces incertitudes pour des races aisément abordables, pour celles au milieu desquelles nous vivons, l'attente résignée à des solutions provisoires s'impose bien davantage quand il s'agit des races africaines.

Quoi qu'il en soit, il est utile d'établir de temps en temps le bilan des recherches déjà faites. De pareils travaux marquent souvent un nouveau point de départ, en faisant le triage de ce qui est définitivement acquis

d'avec les hypothèses qui ont besoin de confirmation ultérieure.

Le lecteur qui a bien voulu lire le travail que nous avons publié, il y a un an, à cette même place, aura pu constater que, pour la question d'origine des Noirs, nous avons fait appel surtout à l'anthropologie. Cette science reste, en somme, la meilleure auxiliaire de l'ethnographe. Pourtant, d'autres secours ne sont pas à dédaigner; la philologie, pourvu que l'on interprète, sans les outrer, les données qu'elle établit, peut fournir d'utiles renseignements. Il convient de la consulter.

C'est donc à une petite exploration linguistique de l'Afrique que nous convions le lecteur dans les pages qui vont suivre. Après avoir recueilli les données saillantes de la philologie africaine, nous essaierons d'en tirer les conclusions qu'elles comportent pour la question ethnogénique.

I

Notre intention n'est point de parler ici de toutes les langues de l'Afrique. Aussi bien pareil sujet entraînerait au delà des limites d'un article de revue; et d'ailleurs, pour la question d'origine qui nous préoccupe, il est superflu de le traiter dans ses proportions complètes.

En effet, les langues sémitiques parlées en Afrique, l'arabe en usage dans plusieurs régions du nord, de l'est et du centre, et l'éthiopien parlé en Abyssinie, ne doivent pas entrer en ligne de compte. Ce ne sont pas, à proprement parler, des idiomes africains : langues asiatiques par leur origine, elles n'ont rien de commun avec les divers langages répandus parmi les peuples nègres.

Nous pouvons aussi écarter l'égyptien, le berbère, et certains dialectes des Somalis et des Gallas, au sud de la Mer Rouge, en un mot les langues désignées sous le nom très défectueux, mais adopté faute de meilleur, de langues

hamitiques. Sans pouvoir marquer dans tous leurs détails les rapports des idiomes hamitiques avec ceux qu'on appelle sémitiques, il est permis cependant, avec M. Frédéric Müller, d'affirmer leur parenté (1). Conclusion que M. Maspero a établie d'une manière solide par une comparaison du système pronominal des deux familles (2). L'identité des racines et l'unité de procédé pour la formation du pluriel par l'adjonction d'une terminaison ont fait conclure légitimement à l'intime affinité des langues sémitiques et hamitiques.

On le voit, notre terrain d'opération se circonscrit par cette double élimination. Le nord et l'est de la grande île africaine jusqu'au sud du pays des Gallas peuvent demeurer en dehors de nos observations, et dans ce qui reste, nous allons opérer encore deux autres sélections.

La partie sud-ouest de l'Afrique, depuis la baie d'Algoa au sud-est, jusqu'à celle de Walvisch au sud-ouest, en d'autres termes tout le pays des Hottentots ou Bushmen parle un idiome très caractérisé. On n'a pas réussi jusqu'à présent à le rapprocher d'autres langages africains. Cela se conçoit : comme nous l'avons dit l'an dernier, les Hottentots que l'ethnographie a apparentés avec les Pygmées se distinguent nettement du reste des populations noires. Il y a plus : des indices multiples tracent la voie que les Bushmen ont suivie pour arriver du nord-nord-est de l'Afrique, d'où leurs traditions les font partir, dans leur domaine actuel. Encore une fois, pour ce qui concerne l'ethnographie générale de l'Afrique, les Hottentots et leur langue ne doivent pas nous arrêter davantage.

Les éliminations faites jusqu'à présent nous ramènent à la classification des langues africaines proposée en 1886, au congrès des orientalistes de Vienne, par le capitaine Th. Grimal de Guiraudon : « Dans l'état actuel de nos

(1) *Allgemeine Ethnographie*, 1873, p. 445.

(2) *Des Pronoms personnels en égyptien et dans les langues sémitiques*. Paris, 1872.

connaissances, il faut se contenter de classer les langues de l'Afrique en deux grands groupes. D'une part, nous trouvons un groupe de langues qui, toutes, sont reliées entre elles par un lien de parenté grammaticale très étroit, et que je désigne ici sous le nom générique de langues à préfixes, aucune autre dénomination ne me paraissant leur convenir mieux; d'autre part, nous avons une série de langues isolées ou de familles de dialectes qui n'ont entre elles que peu ou point de parenté grammaticale, et que j'appellerai langues soudaniennes » (1).

Attachons-nous un instant à cette double catégorie de langues qui, pour M. Grimal de Guiraudon, constituent l'ensemble des idiomes africains.

Les langues soudaniennes sont répandues de l'est à l'ouest sur toute la zone qui a pour limites orientales la Mer Rouge et que borne à l'ouest l'Océan Atlantique. De hauteur très variable, puisque, d'une part, elle remonte jusqu'aux régions algériennes et que, de l'autre, elle s'arrête au sud du pays des Gallas, cette zone ne s'abaisse pourtant nulle part jusqu'à l'équateur.

Bien étudié et exploré à fond par des philologues de mérite, ce domaine linguistique comprend les dialectes nubiens si admirablement décrits dans la *Grammaire nubienne* de Richard Lepsius et dans la *Polyglotta africana* de Koelle. A la même catégorie appartiennent les idiomes du Sénégal, qu'ont fait surtout connaître les travaux du général Faidherbe, et celui des Puls, ce peuple mystérieux, qui, plus que d'autres, semble attester sa provenance asiatique.

On sait en effet qu'ils possèdent en propre, et non pas seulement dans des bribes recueillies par des rapports transitoires, bon nombre de traditions juives. Et chose

(1) *Verhandlungen der VII internationalen Orientalisten-Congresses. — Ægyptisch-Afrikanische Section*, pp. 68-69.

étrange, ces légendes s'arrêtent brusquement après la mort de Salomon. M. Grimal de Guiraudon en conclut que les Puls, aux premiers jours de leur histoire, ont dû vivre en contact avec les Juifs (1).

Si le peuple des Puls conserve le souvenir très perceptible d'une existence antérieure en Asie, il est le seul, parmi les races africaines parlant les langues que nous avons nommées soudaniennes, qui autorise pareille conclusion. Quant aux autres tribus chez lesquelles des dialectes soudaniens sont en usage, aucun lien ne les rattache les unes aux autres. Même, comme nous l'avons déjà dit, au point de vue linguistique ces peuplades demeurent isolées. Jusqu'à présent, on n'a découvert aucune affinité entre les langues soudaniennes.

Voilà pourquoi ces idiomes sont de moindre importance pour la solution du problème ethnologique. Nous avons dû les signaler uniquement pour indiquer les raisons qui nous obligent à en faire abstraction.

Il ne reste donc plus que les langues désignées tout à l'heure par M. Grimal de Guiraudon sous le nom de langues à préfixes. Aussi bien, ce sont elles que nous avons seules en vue dans ce travail, parce qu'elles fournissent les plus sûres données pour la question ethnique.

Ces langues à préfixes sont plus généralement connues sous la dénomination de langues bantoues. C'est M. Grimal de Guiraudon qui insiste pour faire adopter la désignation plus vague de langues à préfixes. Il pense, nous ne voyons trop pourquoi, que le nom de *bantou* convient seulement à un sous-groupe ; encore ce sous-groupe n'a-t-il à ses yeux qu'une importance considérablement diminuée. En somme, pure discussion de terminologie que nous n'avons point à examiner ici. Quel que soit le nom qu'adoptera un jour la philologie pour désigner les langues à préfixes de l'Afrique, un fait dominant demeurera, celui de

(1) *Loc. cit.*, pp. 87-89.

l'indiscutable unité originelle de ces idiomes. Au sens le plus strict du mot, le bantou constitue une famille linguistique, c'est-à-dire qu'une identité fondamentale et caractéristique, nettement définie, se fait jour au milieu même des variétés dialectales, malgré leur nombre considérable.

Nous préciserons tout à l'heure en quoi consiste cette structure fondamentale des idiomes bantous. Mais avant cela, il est nécessaire, pour mieux fixer les idées, de déterminer sur la carte de l'Afrique l'aire géographique de ces langues.

II

Le bantou est répandu en Afrique sur un immense espace de terrain qui comprend presque toute l'étendue du centre et de la partie méridionale du Continent noir.

On a vu tout à l'heure que les langues soudaniennes se maintiennent un peu au-dessus de la ligne de l'équateur, et qu'à l'ouest, depuis le 25e degré de longitude est (Greenwich) jusqu'à l'Océan Atlantique, et au nord depuis le 23e degré de latitude sud-équatoriale, c'est le hottentot qui domine. Si l'on excepte encore une petite enclave, celle des Masaï entre le lac Victoria et les monts Kenia et Kilima Njaro, tous les Africains, depuis l'équateur jusqu'à 20° au sud, c'est-à-dire depuis le Congo français jusqu'à la côte de Sofala, parlent bantou.

A noter encore, pour plus d'exactitude, dans quelles limites le bantou se prolonge au nord de l'équateur. Du côté de l'ouest, il remonte jusqu'à cinq degrés au nord, jusqu'aux Cameroons. A partir de ce point, il s'abaisse graduellement pour atteindre l'équateur près du Ruwenzori et descendre à deux degrés au-dessous chez les Pokomos à l'est.

Le lecteur belge constatera, non sans intérêt, que l'État indépendant du Congo tout entier rentre dans le domaine linguistique du bantou. Nos explorateurs, nos

missionnaires, nos commerçants ne peuvent rester complètement étrangers à des études qui ont pour but de faire connaître les idiomes de ces peuples nouveaux avec lesquels ils vont entrer en relations. On nous permettra de le dire en passant, ce n'est pas assez que dans un pays, où ils vont porter les bienfaits de la civilisation, les Européens introduisent leurs propres langues, quittes à se tirer d'affaire avec les indigènes au moyen d'interprètes. Jamais une influence sérieuse et durable ne se fondera si l'Européen n'arrive à un contact intime avec l'Africain. Or, ce contact est illusoire sans une langue commune, et ce serait une erreur grave de vouloir amener d'abord le Noir à s'assimiler nos langages.

Au congrès des Orientalistes de Vienne en 1886, un officier français que nous avons cité plusieurs fois déjà, M. le capitaine Grimal de Guiraudon, africaniste distingué, recommandait en termes pressants, aux gouvernements coloniaux, l'étude des idiomes indigènes (1). Sa longue expérience lui avait démontré combien la connaissance des langues du pays est indispensable à tout Européen occupant une fonction quelconque en Afrique.

Les missionnaires belges ont compris cette nécessité, et nous devons à l'un d'eux, le R. P. Cambier, de la Congrégation de Scheutveld, un premier essai sur la langue congolaise (2). Il nous y fournit quelques notions sur le dialecte bantou des Bangalas, ou plutôt sur la langue d'Ibôko, un des six idiomes en usage chez les Bangalas, et compris par les riverains du Congo, près de l'équateur et à deux degrés au-dessous. Le R. P. Cambier nous annonce, dans la préface de son ouvrage, qu'un de ses confrères, le R. P. Van Ronslé, prépare sur les mêmes langues africaines un « ouvrage beaucoup plus volumineux, mieux raisonné, plus scientifique et plus grammatical » (3).

(1) *Loc. cit.*, pp. 93-95.
(2) *Essai sur la langue congolaise*. Bruxelles, 1891.
(3) *Ibid.*, p. VI.

Jusqu'à présent les idiomes bantous de l'État indépendant du Congo ont été peu étudiés. Voici les seuls sur lesquels nous possédons actuellement des renseignements scientifiques. Outre la langue des Bangalas dont nous venons de parler, on connaît le groupe du *yanchi* et du *teke*, dialectes des peuplades qui se meuvent entre le lac Léopold II et le Stanley-Pool. A partir de ce dernier point jusqu'à Banana, sur la ligne des postes belges de Boma, Matadi, Vivi, Issanghila et Léopoldville, c'est le *bas-congolais* qui domine.

Nous ne connaissons rien des dialectes en usage sur la portion de l'État comprise entre deux degrés au nord et trois degrés au sud de l'équateur. Mais, à l'ouest du lac Tanganika, on signale un groupe assez caractérisé, le *nywema*, qui comprend deux dialectes : le *bamba*, chez les indigènes des stations de Kabambarre, Kouhoundi, Kibila, Moleko, etc., et le *kusu*, parlé dans la région qui s'étend à l'ouest de Nyangoué, entre le Congo et le Lomami.

Dans la même partie sud-orientale des possessions africaines de la Belgique, on rencontre le dialecte *guha;* puis, en traversant le Loualaba, pour remonter vers les sources du Lomami, on a affaire avec des gens parlant *rua*. La région la plus méridionale du Congo belge, aux environs de Mussumba et de Loungo, se sert du dialecte *lunda*.

Enfin, en quittant le domaine linguistique du *lunda* pour aller vers le nord-ouest jusqu'aux rives du Haut-Kassaï, nous arrivons aux stations de Loulouabourg et de Lousambo, dans le pays des Bohilas, des Balolas et des Bakouhas. C'était la région dévolue aux travaux, hélas! si tôt arrêtés du regretté comte Ernest d'Ursel.

Voici maintenant une indication sommaire des sources auxquelles on peut se référer pour l'étude de ces idiomes du Congo belge. Pour le *teke* et le *yanchi*, il n'y avait jusqu'à ces dernières années que deux pages du livre de M. Cust

sur les langues de l'Afrique (1). Mais, dans son récent ouvrage, *Journey up the River Congo* (2), M. H. Johnston nous donne de courts, mais précieux vocabulaires de ces deux dialectes. Leur comparaison établit des divergences notables entre ces deux idiomes et aussi avec le reste des langues bantoues. Cependant, on a constaté, surtout pour le patois parlé à Bolobo, certaines caractéristiques du groupe *chwana*, qui est, comme on le sait, la langue des Be-chwanas de la Cafrérie. Il ne faut pas que cette constatation surprenne le lecteur. Ce ne sera point la dernière fois que nous aurons à faire pareille observation ; en Afrique, les dialectes les plus intimement apparentés ne sont pas toujours ceux des peuples que la carte marque les plus rapprochés.

Les idiomes du Bas-Congo sont connus depuis deux siècles par les Européens. En 1650 et 1659, un capucin italien, Hyacinthe Brusciotti, de Vetralla, publie deux ouvrages. Le premier est un catéchisme polyglotte, à l'usage de l'ancienne mission du Congo ; l'auteur l'a disposé en quatre colonnes : une pour le congolais, la seconde pour le portugais, les deux autres pour le latin et l'italien (3). L'autre travail est une grammaire intitulée : *Regulæ quædam pro difficillimi Congensium idiomatis faciliori captu ad grammaticæ normam redactæ*. Cet ouvrage est excellent, aussi M. H. Grattan Guinnes l'a-t-il naguère traduit en anglais.

Sur le même sujet, il convient de signaler un dictionnaire composé au XVIIIe siècle, en 1772, et qui est demeuré manuscrit. Ce travail a eu une fortune assez étrange ; les restes en sont aujourd'hui dispersés. Une partie, celle qui contient le vocabulaire français-congolais, est déposée au British Museum à Londres (mss. addit.

(1) *Sketch of the Modern Languages of Afrika*, 1883, pp. 409, 410.
(2) Pp. 446-63.
(3) J. Gay, *Bibliographie des ouvrages relatifs à l'Afrique et à l'Arabie*, pp. 230, 232.

n° 33779, fonds Grenville); l'autre, le dictionnaire congolais-français, a été retrouvée à Rome par le R. P. Duparquet (1). On assure que ce dictionnaire mérite à tous égards d'être publié (2). Espérons que, grâce à quelque Mécène, ce travail sortira au plus tôt des ténèbres des deux bibliothèques, où il se trouve enseveli.

On peut consulter aussi pour les idiomes du Bas-Congo le dictionnaire et la grammaire du missionnaire baptiste Bentley (3) et la grammaire fiote du R. P. Visseq, de la Congrégation du Saint-Esprit (4).

On le voit, il y a pour l'étude des dialectes du Bas-Congo des renseignements nombreux et de bon aloi. Il n'en est pas de même pour le *nywema*, le *guha* et le *rua*. Deux pages dans le livre de M. Cust (5), quelques autres de M. Lost (6), et quelques notes fugitives de certains explorateurs, comme Stanley (7) et Cameron (8), constituent, pour ces idiomes, la somme de nos informations.

Pour le *lunda*, on est mieux servi depuis 1890. M. H. A. Dias de Carvalho en a publié une méthode pratique (9); contribution d'une haute valeur pour la littérature de la philologie bantoue. En effet, si d'une part la phonétique du *lunda* témoigne d'une parenté intime avec les dialectes d'Angola et du Bas-Congo, de l'autre, on a découvert dans son vocabulaire bon nombre de termes qui sont propres aux dialectes que l'on entend parler près de la baie de Delagoa, à quinze degrés plus au sud. A noter aussi des infiltrations manifestes de *chwana*, que nous avons déjà constatées plus haut chez les Ba-tekes et les

(1) *Les Missions catholiques*, 1886, p. 400.
(2) Torrend, *A comparative Grammar of the South-African Bantu Languages*, p. xxv.
(3) *Dictionary and Grammar of the Kongo Language*, 1887.
(4) Paris, 1889.
(5) *Sketch of the Modern Languages of Afrika*, pp. 363, 371-72.
(6) *Polyglotta Afric. or.*, pp. 170-72.
(7) *Dark Continent.*
(8) *Across Africa.* Londres, 1877.
(9) *Methodo pratico para fallar a lingua da Lunda.* Lisbonne, 1890.

Ba-yanchis, à l'autre extrémité occidentale du Congo belge.

Enfin pour le *luba*, on consultera utilement les notes du Dr Büttner (1). Il y aurait cependant à les compléter, surtout pour arriver à établir plus sûrement les rapports de parenté linguistique déjà remarqués entre les tribus qui parlent le *luba* et les Ba-rotsés du Haut-Zambèze. Le *lunda*, dont nous venons de parler, rentrerait dans le même groupement. Voilà un intéressant sujet d'études pour les officiers belges du poste de Loulouabourg.

III

Nous avons insisté quelque peu sur les idiomes bantous du Congo belge, à cause de l'intérêt spécial que cette partie de leur domaine linguistique pouvait offrir à bon nombre de nos lecteurs. Il faut être plus bref sur les autres dialectes. Impossible en effet de citer seulement les 128 noms différents des langues bantoues relevés dans le dernier ouvrage qui vient de leur être consacré (2).

Ce chiffre est même porté au nombre de 168 idiomes et de 55 dialectes dans le recensement fait en 1883 par M. Robert Needham Cust. Il est vrai que le savant anglais est porté à multiplier les divergences linguistiques, et les groupements introduits par lui dans les idiomes bantous sont plutôt géographiques. De vrai, s'il a été possible de fixer les caractères qui distinguent très nettement les langues bantoues des autres, on n'a découvert jusqu'à présent aucun principe permettant de les classifier davantage entre elles. Tout au plus peut-on établir deux classes distinctes : l'une, que l'on a dénommée le groupe *kua*, et l'autre, désignée sous le nom de groupe Fernan-

(1) *Zeitschrift für afrikanische Sprachen*, 1889, pp. 220-33.
(2) Torrend, *op. cit.*, pp. XIX-XI.

dien. Une troisième classe, à défaut de règle distinctive générale, comprend le reste des langues bantoues, soit leur presque totalité.

Le groupe *kua* a une double extension, l'une au sud-est de l'Afrique, l'autre au nord-ouest. En effet, les dialectes du Be-chwana-land, des Ba-soutos, du Mozambique et des îles Comores d'une part, d'autre part ceux du Congo français sur l'Ogowe et près des Cameroons doivent être placés sur le même rang, au point de vue des affinités linguistiques.

Il ne nous déplaît point de constater que la découverte des caractères spéciaux, qui ont fait au *chwana* ou *kua* une place à part dans les idiomes bantous, est due aux travaux de deux missionnaires catholiques, les RR. PP. Temming et Torrend, de la mission du Zambèze. Le premier a publié en cette langue un catéchisme et des hymnes, le second a précisé d'une manière scientifique les lois du phonétisme du *chwana* dans sa *Grammaire comparée*, que nous avons déjà citée et à laquelle nous ferons encore de larges emprunts dans la suite de ce travail.

Sans s'en apercevoir peut-être, le lecteur vient de faire avec nous le tour de l'Afrique équatoriale et méridionale, à la recherche des langues bantoues. Il reste peu de chemin à parcourir pour achever cette revue.

Retournons un instant à l'ouest du continent noir, dans le Congo portugais. Il y a là les dialectes d'Angola. Ce sont les premiers idiomes bantous qui, au commencement du XVIIe siècle, furent connus des Européens. Avant cette époque, on ne possédait que quelques rares poésies du dialecte de Zanzibar, écrites en caractères arabes. Mais, au XVIIe siècle, les travaux des missionnaires, capucins et jésuites, à Angola, fournirent les premiers éléments pour l'étude des idiomes bantous. Ces essais, tout rudimentaires qu'ils puissent paraître, n'ont pas été reniés par l'érudition contemporaine, devenue pourtant si exigeante.

Maintes fois, on n'a rien trouvé de plus utile à faire que de réimprimer les anciens livres de ces premiers pionniers de la philologie africaine.

Voici quelques-uns de ces ouvrages portant sur les dialectes d'Angola. En 1642, le P. Antonio de Coucto, S. J., publiait un catéchisme en portugais et en dialecte d'Angola, composé par le P. Pacconio (1), de la même Compagnie. Au témoignage de Héli Chatelain (2) et du P. Torrend (3), cet ouvrage demeure, même aujourd'hui, l'un des meilleurs que nous possédions. Citons encore l'*Arte da lingua de Angola*, publié par le P. Pedro Diaz, S. J.; on fait encore grand cas de ce travail (4).

Au sud d'Angola, on parle *bihe* sur le Haut-Kwanza, et *herero* dans le Damaraland. Le *bihe* est une langue assez mélangée; par quelques côtés, il se rapproche de l'*herero*. Jadis on croyait ce dernier idiome très primitif: les recherches du P. Torrend favorisent peu cette manière de voir (5).

Si, du Damaraland, le voyageur se dirige à l'intérieur de l'Afrique vers l'est, il rencontrera le pays des Ba-tongas. Les dialectes en usage dans cette région forment un groupe auquel le plus récent des africanistes, le R. P. Torrend, accorde une prépondérance marquée pour l'étude des langues bantoues. Dans tous le cours de son ouvrage, il a pris les formes du *tonga* pour types fondamentaux, et il émet l'espoir qu'aucun de ceux qui se serviront de son livre ne mettra en doute le fait que le *tonga* du moyen Zambèze reproduit le plus fidèlement les traits caractéristiques du plus grand nombre des langues bantoues.

D'ailleurs, — nous citons toujours le P. Torrend (6), —

(1) Cet ouvrage a eu plusieurs éditions; celle de Rome (1661) est en latin et en dialecte d'Angola; celle de Lisbonne (1855) est très augmentée.

(2) *Grammatica elementar do Kimbundu*, p. xv.

(3) *Op. cit.*, p. xxv.

(4) *Ibid.*

(5) *Op. cit.*, pp. 28-30.

(6) *Ibid.*, pp. 1, 27.

ce résultat n'a rien qui doive surprendre. En effet, une double circonstance rend compte du caractère originel du bantou. Bon nombre d'ethnographes tiennent les Ba-tongas pour les plus purs représentants des Bantous ; ce peuple ayant échappé à tout asservissement, a réussi à se soustraire à des mélanges qui auraient altéré sa race. En outre, la position centrale des Ba-tongas, placés à peu près au milieu du domaine des idiomes bantous, explique les traits primitifs de leur langage.

Que faut-il penser de ce double argument ? A dire le vrai, ils ne concluent pas rigoureusement. Il y eut sans doute un temps où l'on admettait que race et langue se répondant, la pureté de l'une entraînait celle de l'autre ; mais ce principe tout à fait erroné n'est plus admis par personne aujourd'hui. Quant à la preuve tirée de la localisation centrale des Ba-tongas, elle n'aurait de valeur qu'au cas où l'indigénéité des Bantous en Afrique serait démontrée ; en outre, il y aurait à établir que les Ba-tongas ont constamment gardé, au cours des siècles, cette position centrale.

Faut-il cependant, parce que ces deux arguments ont une moindre valeur, contester aux linguistes le droit de prendre dans leurs travaux de philologie africaine comparée le *tonga* comme type fondamental ? M. Henry, professeur au Collège de France, a cru devoir aller jusqu'à cette prohibition (1); c'est le grand reproche que M. Henry adresse à l'œuvre du P. Torrend, celui d'avoir pris le *tonga* comme point de comparaison, et d'y avoir rapporté tous les idiomes bantous.

Cette critique ne nous paraît pas fondée. Si M. Henry ne pense point que l'on puisse à présent considérer aucune langue bantoue comme *standard language*, et regrette que le P. Torrend n'ait pas fait effort pour remonter au type préhistorique, il faut bien avouer que pareil *desideratum*,

(1) *Revue critique*, 1892, p. 22.

aisé à formuler, se présente comme pratiquement irréalisable. On n'a pas encore oublié ce que des tentatives de ce genre ont fait éclore, au début des études aryennes, de productions fantaisistes et bizarres. Assurément, on peut discuter, même contester le caractère primordial du *tonga;* mais on ne saurait en vouloir au philologue de reculer encore devant toute tentative de reconstruction de l'idiome souche des Bantous. En définitive, c'est aussi la conclusion de M. Henry, quand il décerne au P. Torrend « l'honneur d'avoir préparé et singulièrement facilité cette tâche à ses successeurs ».

Les Ma-tabeles, au nord des Ba-tongas, et au sud, les Cafres se servent d'idiomes intimement apparentés, le *tabele*, le *xosa* et le *zoulou*. Dans la même région, chez les Ba-soutos, on parle le *souto ;* mais ce dialecte se rapproche davantage du groupe *chwana*.

Sur la côte de Sofala, puis de là, en remontant au nord vers le lac Nyassa, dans les districts de Tété et de Senna, on rencontre un ensemble de langues qui forment groupe. C'est l'idiome que les Portugais appellent *kafreal de Senna :* il est très répandu dans le sud-est de l'Afrique et jouit chez les indigènes d'un renom de priorité sur plusieurs autres dialectes. Un missionnaire protestant, John Rebman, rapporte en termes enthousiastes le charme que lui a causé l'étude du dialecte *senna*. C'était pour lui une fête perpétuelle, et dans les rapports philologiques que lui suggérait la comparaison avec d'autres idiomes africains, il voyait comme les divers rayons d'une lumière unique (1). On doit aussi à un vaillant missionnaire de la Compagnie de Jésus, le R. P. Victor Courtois, un excellent essai sur le dialecte de Tété (2).

On nous permettra de ne rien dire du groupe *sagara*, que parlent les tribus disséminées entre le lac Nyassa et les Masaï, pour arriver plus vite à Zanzibar et aux îles

(1) *Dictionary of the Kiniassa Language*, p. VII.
(2) *Elementos de Grammatica Tetense*. Mozambique, 1889.

voisines. Là on parle, sur une zone assez considérable, le *swahili*.

Le *swahili* est de tous les idiomes bantous l'un des plus importants. Il y a longtemps du reste que le Dr Krapf, un des premiers pionniers de la philologie africaine, et l'évêque anglican Steere ont pressenti ce rôle du *swahili*. M. Cust n'a pas hésité à appeler ce dialecte la *lingua franca* de l'Afrique orientale (1). En fait, il a rendu grand service aux explorateurs, et longtemps le *swahili* a été le principal instrument dans l'œuvre de la civilisation africaine.

Voici sur cet idiome quelques détails empruntés à un ouvrage récent, le *Dictionnaire français-swahili* du R. P. Sacleux, missionnaire au Zanguebar. « Le domaine du *swahili* s'étend depuis le pays *Somali* jusqu'au delà des Grands Lacs, sur toutes les routes des caravanes. Cette langue, avec quelques modifications, est même comprise dans l'archipel des Comores. A un certain endroit, elle traverse le continent africain, et on la retrouve sur le cours du Congo et sur la partie sud de la côte occidentale. »

Pour le P. Sacleux, le *swahili* comprend neuf dialectes ; le P. Torrend n'en compte que cinq. Il semble, en effet, que le P. Sacleux a trop étendu le domaine du *swahili*, comme jadis Rebman avait confondu le *senna* avec le *swahili*. Sans doute, le *swahili* sera plus ou moins compris aux Comores, puisque nous sommes en pays de langue bantoue ; mais, d'autre part, le dialecte des Comores appartient à un autre groupe, et au delà des Monts Kilima Njaro, le P. Torrend sépare nettement du groupe *swahili* les dialectes des indigènes qui vivent entre le pays des Masaï et la côte.

Nous venons d'énumérer les principaux dialectes bantous et d'indiquer sur la carte leur distribution géographique. Comme on a pu en juger, cette extension est

(1) *The Languages of Afrika*, p. 29.

considérable, elle occupe un espace de terrain qui dépasse la moitié de l'Europe. Néanmoins, on doit dire que, phonétiquement et philologiquement parlant, ces nombreux idiomes n'offrent pas entre eux de divergences plus essentielles que celles qui, en Europe, séparent par exemple l'italien de l'espagnol ou du portugais.

L'unité des langues bantoues est donc beaucoup plus intime que celle qui rapproche entre elles les diverses langues aryennes ou sémitiques. Elle ressemble davantage à la parenté qui, au sein des langues aryennes, a constitué les sous-groupes des idiomes germaniques ou des langues romanes.

Il faut maintenant donner une idée du mécanisme des langues bantoues et saisir sur le vif le principe d'unité qui les relie.

IV

Cette parenté des langues du centre et du sud de l'Afrique a été entrevue dès le commencement de ce siècle. En comparant l'idiome du Mozambique avec le vocabulaire cafre, Marsden et Tuckey avaient été frappés de rencontrer des analogies saisissantes, et conclu à un rapport d'origine entre les peuples habitant les côtes occidentales et les côtes orientales du Continent noir (1).

Toutefois, comme on le pense bien, la découverte du principe d'unification des langues de l'Afrique sud-équatoriale ne fut point l'œuvre du premier jour, ni le résultat atteint du coup par le premier linguiste qui se mit à l'étude des langues africaines.

Ce fut le Dr Krapf, en 1845, qui entrevit clairement que la plupart des peuples de l'Afrique au sud de l'équateur, à l'exception des Hottentots et des Bushmen, appartiennent, au point de vue linguistique, à une seule et même

(1) Walckenaer, *Hist. génér. des voyages*, t. XIV, pp. 572-3.

famille. Il proposa d'appeler cette famille *zinjienne*, ou *nilotique*. Aucune de ces deux dénominations n'a prévalu. Elles font allusion à la parenté, que défendent certains ethnographes, des Bantous avec les anciens habitants du Zindj, Ζίγγιον, des géographes arabes et grecs, placé par eux entre le Haut-Nil et l'Océan.

Il était réservé au Dr Bleek de consacrer définitivement la théorie de l'unité des langues bantoues. Vingt ans après Krapf, en 1862, Bleek formulait les principales lois philologiques qui régissent les idiomes bantous, dans la *Grammaire comparée des langues du sud de l'Afrique*. Cet ouvrage devait renfermer quatre parties; malheureusement, la mort vint arrêter l'œuvre du Dr Bleek, qui demeura interrompue après la publication en 1869 de la première section de la seconde partie.

Ce fut le Dr Bleek qui popularisa et introduisit dans le vocabulaire scientifique le nom de *bantou*, ou plus exactement *ba-ntu*.

Il est universellement accepté aujourd'hui pour désigner l'une des principales familles des langues africaines. Nous avons entendu plus haut les réclamations de M. Grimal de Guiraudon contre cette dénomination des langues bantoues. Ces réserves sont, croyons-nous, toutes platoniques. Il en sera du terme *bantou* comme du terme *aryen*, contre lequel tout le monde proteste et que chacun emploie.

Ce mot est un terme africain dans sa forme du pluriel; le singulier en est *mu-ntu*. Ce pluriel *ba-ntu* veut dire « les personnes ». Avec quelques variantes phonétiques *(wantu, antu, watu, atu, wanhu, banu)*, qui n'ont qu'une irrégularité apparente, mais qui sont très régulières pour qui connaît le mécanisme des dialectes bantous, cette expression est employée, des rives du Zambèze à celles du Congo, dans toute l'Afrique méridionale et équatoriale.

On a dit parfois que les habitants de ces régions s'en servent comme d'une appellation ethnique et nationale, pour se distinguer des autres peuples.

Cela n'est pas suffisamment établi. En effet, les peuplades parlant bantou n'ont point de dénomination unique. Celle de *Ba-nsundu, Ba-sutu, Be-suto, Ba-suto, A-sutu* est assez répandue. D'autres tribus se traitent de *Ma-zimba* ou *Ma-rimba* (1).

Toutefois, le Dr Bleek fit plus que de grouper les idiomes bantous sous un nom commun. Il les classifia, reconnut les principaux préfixes, établit un certain nombre de lois phonétiques, et constata que la forme fondamentale du verbe se rencontre à l'impératif singulier. En un mot, Bleek fut le véritable initiateur de la philologie comparée africaine, le Bopp des langues bantoues, et c'est lui qui le premier donna cette formule, si souvent répétée depuis : les idiomes bantous diffèrent entre eux dans la proportion qui sépare les langues du groupe teutonique ou de la famille néo-latine.

Mais, on le comprend, même après Bleek il restait à glaner sur le vaste champ du bantou. Aussi bien ce domaine n'était pas, il y a trente ans, complètement exploré. C'est seulement depuis cette époque que les grandes expéditions en Afrique ont pris un nouvel essor. La connaissance du Continent noir, de ses peuples, de ses langues a bénéficié, depuis Bleek, d'un apport considérable d'éléments nouveaux. Tout cela appelait une mise en œuvre plus parfaite, d'autant plus que la mort avait brisé net, en pleine efflorescence, le travail du célèbre philologue.

Le R. P. Torrend, S. J., de la mission du Zambèze, semble avoir recueilli la succession scientifique du Dr Bleek. Après plusieurs années de séjour dans la colonie du Cap, où il s'est trouvé en contact avec des indigènes de différentes tribus, après de longues études et de minutieuses recherches dans les sources imprimées et les manuscrits inédits de Grahamstown, du Cap et de Londres, il vient

(1) Torrend, *op. cit.*, p. XVII.

de publier un grand ouvrage de philologie comparée sur les dialectes bantous. En voici le titre : *A Comparative Grammar of the South-African Bantu Languages*, comprising those of Zanzibar, Mozambique, the Zambezi, Kafirland, Benguela, Angola, the Congo, the Ogowe, the Cameroons, the Lake Region, etc. (1).

Le travail du P. Torrend a reçu le meilleur accueil dans le monde savant ; l'apparition de son livre a, suivant toute la force du mot, fait époque dans la philologie africaine. Assurément, on pourra contester quelques-unes des vues émises par l'auteur ; mais, comme ensemble, son œuvre restera longtemps l'ouvrage le plus important et le plus complet à consulter pour l'étude comparative des idiomes bantous. Il couronne dignement les essais de Krapf et de Bleek.

Nous lui emprunterons tout ce que nous avons à dire maintenant des caractères essentiels de la famille bantou.

La caractéristique universelle de toutes ces langues africaines est, nous l'avons dit plus haut, le principe d'accord grammatical par les *préfixes*. Dans les langues aryennes et sémitiques, ce sont généralement des suffixes qui s'ajoutent à la racine pour marquer le genre, le nombre, l'espèce du mot. Ainsi, en latin, la racine *mor* donnera *mor-s* « la mort », *mor-i-mur* « nous mourons », *mor-tuus* « mort ». L'allongement des mots, la modification du sens des thèmes se fait par l'adjonction d'un suffixe après la racine. Dans les langues bantoues, tous ces changements se déterminent par des préfixes, c'est-à-dire par des particules placées avant la racine.

Mais, ce n'est pas la seule différence qui sépare les langues africaines de nos idiomes. Dans ces derniers, les suffixes varient pour les diverses fonctions grammaticales à remplir et les nuances du sens à exprimer. En bantou,

(1) London, Kegan Paul, Trench, Trübner and C°., Limited, Paternoster House, Charing, Cross Road, 1891. Royal in-8°, pp. XLVIII-336, avec une carte.

le préfixe, une fois déterminé pour un substantif, demeure pour tous les autres mots, adjectifs, pronoms, verbes, qui modifient ce substantif ou sont en accord avec lui, avec cette seule différence qu'il y a un préfixe spécial pour le singulier et pour le pluriel, et que le préfixe affecte deux formes, l'une pleine, l'autre affaiblie.

Donnons un exemple. Le mot *-ana* veut dire « enfant »; or ce terme veut être construit avec le préfixe *mu;* la forme du pluriel pour le préfixe *mu* est *ba*, et le préfixe s'affaiblit au singulier en *u*. Cela posé, *mu-ana* veut dire « l'enfant », « les enfants » se traduira par *ba-ana*. *Mu-ana u-ako u-afua* signifie « votre enfant est mort », et la même phrase devient au pluriel : *ba-ana ba-ako ba-afua*.

L'usage a réglé l'emploi des différents préfixes pour les diverses catégories de termes. Voilà comment les grammairiens distinguent les préfixes formatifs en plusieurs classes, qu'ils ont pris l'habitude de désigner par le double préfixe du singulier et du pluriel. Il y a donc les classes *mu-ba*, *mu-mi*, *in-zin*, *li-ma*, *ci-zi*, *ka-tu*, *bu-ma*, *lu-zin*, *mu-ma*, *bu-zin*, etc.

Telle est la forme des préfixes bantous dans le dialecte tonga, considéré par le P. Torrend comme le type le plus parfait. On aurait tort de croire que ces préfixes gardent une physionomie absolument invariable dans les deux cents dialectes bantous. Ainsi, la liste que nous venons de dresser devient chez les Bangalas à Nouvelle-Anvers (Mpoembou) : *mo-ba*, *mo-mi*, *n-n (m)*, *i-ma*, *e-bi*, *bo-ma*, *lo-n* (1). A première vue, ces divergences paraissent très accentuées, et la route de *lu-zin* à *lo-n* semble encore plus longue que d'*alfana* à *equus*. Il n'est pas malaisé pourtant de tracer des étapes sûres, grâce aux éléments de comparaison fournis par l'ouvrage du P. Torrend (2). Malgré

(1) Cambier, *Essai sur la langue congolaise*, p. 11.
(2) *Op. cit.*, pp. 104, 105.

l'aridité de cet exposé, le lecteur doit nous permettre d'esquisser la démonstration de l'identité des préfixes *lu-zin* et *lo-n*. Faute de ce faire, nous nous exposerions au soupçon de forger des analogies de fantaisie.

De *lu* à *lo* la distance est aisée à franchir ; du reste l'intermédiaire *li* facilite le passage, et dans le tableau que le P. Torrend nous donne des formes de ce préfixe, la forme *lo* se retrouve dans six dialectes autres que le *bangala*. Le Fernandien emploie concurremment *lu* et *lo*. Mais, c'est de *zin* à *n* que la route paraît moins vraisemblable. Pourtant, si l'on songe que le bantou perd facilement le *z* au commencement d'une syllabe et que *in* se réduit volontiers à *n*, on ne s'étonnera plus que *zin* mène à *n*, qui est, de fait, en usage dans neuf autres idiomes bantous, outre le *bangala*.

Cette formation par les préfixes est si particulière aux dialectes bantous qu'ils l'appliquent même aux mots étrangers qui se sont implantés dans leur vocabulaire. Ainsi les Filyams, peuplade du Congo français, habitant sur la rive gauche de la Cazamance, ont entendu prononcer par les Portugais le mot *camisa* « chemise ». Sur leurs lèvres, ce terme s'est modifié en *kamisha*, puis ayant cru reconnaître dans *ka* un de leurs préfixes, qui au pluriel devient *u*, ils ont appliqué au terme portugais la règle d'accord des préfixes ; et le pluriel de *ka-misha* est *u-misha*.

Voilà donc le principe fondamental qui préside à la formation des idiomes bantous, à savoir l'accord grammatical des préfixes. Jusqu'à présent, il avait presque exclusivement attiré l'attention de ceux qui se sont occupés de ce groupe de langues africaines. Toutefois, si c'est là un trait essentiel et distinctif, ce n'est pas le seul ; on peut en établir d'autres que du reste le P. Torrend n'a point manqué de signaler dans son livre (1).

Voici les principaux. Le bantou n'aime pas les mono-

(1) Pp. 8-13.

syllabes, et pour les éviter il ajoutera des préfixes, qui n'ont d'autre rôle que d'augmenter la longueur d'un mot trop court. C'est pourquoi on a *bona* « vois », sans préfixe, mais *ku-la* « mange », parce que le thème *la* n'a qu'une syllabe.

Une autre loi phonétique du bantou porte sur l'influence de nasales. Ainsi, *li-zuba* « le soleil » devient, par l'action de *n* copulatif, *ndi-zuba* « c'est le soleil », et non point *nli-zuba*.

Pour être moins apparentes à première vue, ces deux lois s'appliquent aussi rigoureusement que le principe d'accord des préfixes. Certaines anomalies qui déroutent, faute de tenir compte de cette double action, s'expliquent et se reproduisent avec une parfaite régularité.

Il peut se faire que l'application du triple principe, dont nous venons de parler, entraîne dans un même mot des effets contradictoires. Même en ce cas, le bantou suit une règle inflexible : le principe d'accord cède le pas à la loi des nasales, mais l'antimonosyllabisme prime les deux autres principes. Aussi, le P. Torrend a-t-il pu faire la remarque que son ouvrage n'est, en majeure partie, que le développement de ces lois, et que la plupart des irrégularités signalées sont le résultat de leur collision (1).

Sans doute, la comparaison rationnelle des éléments fondamentaux des idiomes bantous fournit un secours précieux pour quiconque veut se familiariser avec des langues si différentes des nôtres. C'est beaucoup de connaître les préfixes, et d'avoir remarqué leurs diverses transformations de tribu à tribu ; car, en somme, il n'y a, pour un nombre considérable d'idiomes, qu'une seule grammaire à étudier. Est-ce à dire que cette méthode comparative supprime du coup toutes les difficultés pratiques et dispense de l'étude particulière du dialecte dont on doit faire usage ? D'aucune façon ; si le philologue, qui

(1) *Op. cit.*, p. 300.

se contente d'avoir une idée des idiomes bantous, peut se borner à apprendre le mécanisme général de la grammaire et les principes essentiels de la phonétique, celui qui désire se mettre en contact avec les indigènes par l'emploi de leur propre langue ne doit pas perdre de vue qu'à côté de la grammaire générale il y a le vocabulaire. « Tous les peuples du Congo, comme tous ceux de l'Afrique, dit fort à propos le R. P. Cambier, ont le même système de langue, la langue *préfixale;* mais chaque tribu a son dialecte, différent de celui des autres tribus » (1).

Il n'est pas inutile de faire remarquer, en ce qui concerne les caractères spéciaux des langues bantoues, que la phonétique ne peut pas perdre de vue certaines conditions extrinsèques qui modifient singulièrement les lois générales de l'appareil phonique. On sait combien les peuples d'Afrique aiment à se charger le nez et les lèvres d'ornements, surtout d'anneaux de cuivre. Un très grand nombre d'indigènes pratiquent en outre certaines mutilations. Ils s'arrachent des dents, surtout les incisives, qui ont une influence si marquée sur la prononciation. De plus, ces mutilations ne sont pas uniformes, elles affectent des dispositions particulières dans les différentes peuplades. On conçoit aisément que pareilles pratiques introduisent des changements appréciables dans l'émission des sons. Ce curieux détail de la phonétique bantoue n'a point échappé au P. Torrend, et c'est par ce côté encore que son ouvrage l'emporte en originalité et en perfection sur l'œuvre de ses précurseurs.

Pour achever de donner une idée des idiomes bantous, il nous reste à parler du fonds même de la langue. Jusqu'ici, en effet, nous sommes restés à la surface. Quoique relativement perfectionnées dans leur mécanisme, les langues bantoues accusent une psychologie

(1) *Op. cit.*, p. v.

rudimentaire. L'onomatopée est fréquente (1); le redoublement des syllabes, cette caractéristique du langage enfantin, tient aussi une large place. Signalons en particulier le redoublement employé pour former des superlatifs (2) et des verbes à signification intensive (3). Le bantou n'a pas à proprement parler de pronoms relatifs; ceux-ci sont confondus avec les pronoms démonstratifs, et une phrase comme celle-ci : « Où est le cheval dont on parle ? » revient à cette autre : « Où est le cheval celui ils parlent de lui (4) ? » En général, l'emploi des pronoms donne lieu à des constructions extrêmement primitives, et dont le pléonasme fait tous les frais (5). Les auxiliaires jouent un grand rôle dans la conjugaison. Ce que nous exprimons par des conjonctions indépendantes du verbe, les Bantous le rendent par divers préfixes accolés à la racine. Pour ne donner qu'un exemple, il y a en cafre six auxiliaires pour l'impératif, sans compter des préfixes du même genre pour indiquer le mouvement, la négation, la durée, le passé, l'arrêt dans un lieu, la condition, etc.

Une des notes distinctives du bantou, comme de la plupart des langues africaines, c'est la prédominance des expressions concrètes. Aussi le geste complète-t-il souvent le mot. Quand il voudra dire : « Il a perdu un œil », le Bantou dira : « Cet œil de lui est mort », et la main désignera successivement la personne dont il s'agit et l'organe qu'il veut désigner. De même, pour indiquer la distance entre deux endroits déterminés, le bantou ne parle point d'heures ni de lieues, mais montrant le soleil, il vous dira : « Si vous partez quand le soleil est là, vous arriverez quand le soleil sera là. » Et deux gestes signaleront deux points du ciel.

(1) Torrend, *op. cit.*, p. 139.
(2) *Ibid.*, p. 151.
(3) *Ibid.*, p. 279.
(4) *Ibid.*, p. 181.
(5) *Ibid.*, p. 232

Les nombres sont également exprimés au moyen des doigts de la main ; pourtant on fait aussi usage de termes propres.

Nous venons de donner une idée sommaire des langues bantoues et de leur diffusion sur le continent africain. Il faut essayer maintenant de résoudre les problèmes ethnologiques que soulève l'existence de cette langue commune, répandue sur une si grande étendue de l'Afrique.

V

La première conclusion qui ressort du fait même de l'existence des idiomes bantous et du mode de leur répartition est l'existence d'un peuple qui a introduit la langue dite bantoue.

Quel était ce peuple? Est-il possible de désigner ses descendants dans quelqu'une des tribus nombreuses qui aujourd'hui font usage du bantou ? D'où venait-il?

Avant de répondre à ces questions, il convient d'observer que si l'unité linguistique est établie pour une grande partie de l'Afrique, on n'en peut dire autant de l'homogénéité ethnologique. Ainsi, les Nègres qui parlent bantou au Congo sont bien différents des Cafres.

D'autre part, il faut se rappeler ce fait curieux que les Bantous du centre sont moins rapprochés au point de vue philologique de ceux de l'est et de l'ouest que ces derniers le sont entre eux.

En troisième lieu, il est remarquable qu'à l'extrémité sud-occidentale du Continent noir sont relégués les Hottentots et les Buschmen, n'ayant, ni ethnologiquement, ni linguistiquement parlant, aucun rapport avec les Bantous.

Il s'ensuit que le bantou était parlé par une race conquérante qui envahit un jour l'Afrique centrale et orientale, et qui réussit à implanter sa langue. En outre, puisque l'on constate des affinités plus intimes entre les

dialectes de l'Ogowé, du Kilima Njaro, du Mozambique, des Comores, des Ba-soutos et des Be-chwanas, on peut croire que le point de départ des langues bantoues doit se placer quelque part au sud du pays des Gallas, d'où un double courant a dérivé, l'un vers l'ouest pour aboutir à l'Ogowé et au cap Lopez; l'autre, après avoir occupé le Mozambique et les Comores, est descendu sur la côte de Sofala pour remonter le Limpopo.

Cette conjecture se fortifie d'un double argument. Si l'on interroge les traditions de quelques peuples bantous, les Cafres, par exemple, on retrouve certains indices, obscurs il est vrai, qui les montrent originaires du nord-est (1). N'est-il pas étrange aussi que les caractères physiques de beaucoup de Bantous trouvent leurs similaires moins autour d'eux dans l'Afrique australe que dans les régions plus septentrionales? Les Zoulous et les Ba-soutos ressemblent d'une manière frappante aux Bedjas d'Abyssinie (2).

Enfin, les Hottentots se trouvant acculés en Afrique aussi loin que possible, on échappe difficilement à cette conclusion que les Hottentots ont précédé en Afrique le peuple parlant le bantou. D'ailleurs, la tradition des Cafres est formelle à cet égard : ils savent qu'ils ont gagné leur territoire actuel sur les Koinkoins ou Bushmen.

Il n'est peut-être pas trop téméraire de voir des créations de Bantous dans ces grands empires du centre africain dont le souvenir nous a été conservé et dont quelques-uns survivent, comme ceux de Cazembi et de Muata-Yanvo.

On a aussi considéré comme les traces de l'ancienne puissance des Bantous les ruines découvertes naguère dans l'Afrique orientale, à Kalahari (3) et à Zimbabye (4).

(1) Girard de Rialle, *Les Peuples de l'Afrique et de l'Amérique*, pp. 74, 76.
(2) Virchow, *Journal d'Ethnologie*, 1878, p. 402; Hartmann, *Les Peuples de l'Afrique*, p. 54.
(3) *Proceedings of the Roy. Geogr. Soc. of London*, 1886, p. 447.
(4) *Ibid.*, 1891, pp. 17-21.

non loin des exploitations aurifères du Mashonaland. Opinion aujourd'hui surannée; on tend de plus en plus à attribuer ces constructions aux Phéniciens ou aux Persans (1). Pourquoi ne seraient-ce point des Arabes, qui auraient mis en œuvre les procédés artistiques de la Perse?

Mais nous n'avons point à discuter ici ce sujet. Aussi bien, ces recherches ne peuvent jeter de lumière sur l'origine des Bantous.

On a cru parfois que si les races africaines avaient perdu les souvenirs du passé, il était possible de refaire leurs annales d'après d'autres sources. Car l'Afrique a été de tout temps moins inconnue qu'on ne le pense. Nous nous vantons de l'avoir découverte; c'est une erreur, les Grecs, les Arabes, les Portugais y ont successivement abordé; on dit même que l'Ophir où Salomon envoyait chercher l'or, le bois de santal et les plumes de paon se trouvait sur la côte de Sofala.

N'y a-t-il rien à glaner au sujet des peuples bantous dans les mémoires de ces voyageurs et de ces commerçants ou dans les récits qu'ont recueillis leurs contemporains?

Il existe en effet certaines traditions grecques, arabes et portugaises relativement aux peuples du sud de l'Afrique. Mais de l'interprétation rigoureuse et de la discussion critique de ces textes, il sort rarement des données certaines. Souvent la pierre de touche manque pour identifier les peuples dont parlent les anciens; ou bien l'on se trouve en présence d'une ethnographie toute de fantaisie.

Ainsi, Maçoudi (2) nous dira que les tribus du Zindj, c'est ainsi que les Arabes désignent la région située au delà du pays de Somalis, descendent de Kush, fils de Cham. Rien ne justifie cette origine. Aussi bien, nous ne

(1) *Ibid.*, p. 609.
(2) Barbier de Meynard et Pavet de Courteille, *Les Prairies d'or* de Maçoudi, t. I, p. 233.

pensons pas que la table ethnographique du chapitre x de la Genèse puisse rendre grand service à l'ethnologie africaine. On a fait depuis longtemps la juste remarque que cette partie du monde est dûment en dehors de l'horizon mosaïque. Les essais qui tendent à faire rentrer les peuples d'Afrique dans ce cadre sont à bon droit soupçonnés d'en vouloir forcer les limites naturelles.

Les assertions suivantes que nous lisons dans Maçoudi méritent peut-être plus d'attention. Après avoir montré les tribus du Zindj s'établissant en Abyssinie et de là descendant jusqu'au Haut-Nil, il décrit leur extension et leur développement dans la région de Sofala, « là où l'or abonde avec d'autres merveilles ». Désormais fixés dans leur course errante, les Zindj élurent un chef supérieur, qu'ils nomment *Falime* ou *Wafalime*. Ce *Falime* a sous ses ordres tous les chefs de tribus, il commande à 300 000 hommes armés en guerre. Chez ces peuples, c'est le bœuf qui sert de bête de somme, ils n'ont ni chevaux, ni mulets, ni chameaux. On signale parmi les Zindj des peuplades qui s'aiguisent les dents et qui sont cannibales.

Dans cette description de Maçoudi, on a relevé certains traits qui conviennent à des tribus bantoues. Ainsi le P. Torrend a constaté l'exactitude du terme de *Falime*, au pluriel *Wa-falime*. Ce mot est encore usité en *swahali* sous la forme de *m-falme*, *m-falume* « roi », pluriel *wa-falme*. Au Mozambique, *ma-limu* signifie « chef » (1). Il est curieux de voir cette donnée fournie par Maçoudi, il y a dix siècles, confirmée pleinement par l'érudition contemporaine.

D'autres détails concordent également. Il n'y a pas longtemps que les Cafres se servent du cheval, chez eux le bœuf a été longtemps animal de somme. Les dents aiguisées en pointe n'ont point disparu de certaines tribus africaines; c'était jadis une coutume universelle parmi les

(1) *Op. cit.*, pp. xxxiv, 344, 365.

habitants du Mozambique. Les *Hehe* (1) et les *Mashonas* (2) en font autant. Enfin, le cannibalisme a été signalé au sein des peuples bantous. Sans parler des *Nywemas*, il faut citer les *Yaos*, à l'est du lac Nyassa (3), et d'anciennes traditions accusent les indigènes du Senna d'avoir mangé de la chair humaine jusqu'à l'arrivée des Portugais.

Maçoudi a été complété par Edrisi et Aboulféda. Ils nous donnent ce nouveau détail que la capitale du royaume de Zindj s'appelait *Siyuna*. N'est-ce pas un indice corroborant les autres faits qui attestent l'existence d'un empire bantou florissant dès l'antiquité dans la région de Sofala et du Monomotapa ? Car *Siyuna*, c'est *Senna*, *Shona* du Mashona-land.

Écoutons maintenant les géographes grecs. Hérodote, parlant des peuples les plus méridionaux de l'Afrique orientale, nous apprend que leur pays produisait en abondance de l'or et de l'ivoire. Les habitants étaient de haute taille et vivaient longtemps (4) : aussi Hérodote les appelle-t-il Μακροβίοι. Dans ce pays s'élevait une montagne que les indigènes, toujours d'après Hérodote, nomment « le plateau du soleil ». Là les chefs exposent, pendant la nuit, de la viande bouillie pour en rassasier le peuple pendant tout le jour. Pomponius Mela rapporte la même tradition (5).

Ces données sont bien vagues ; mais elles trouvent peut-être leur commentaire explicatif dans un passage d'un moine égyptien, Cosmas Indicopleuste, qui, au VIe siècle de notre ère, écrivit un ouvrage intitulé : *Topographie chrétienne* (6). Voici ce que nous y lisons sur le sujet qui nous occupe : « La région appelée *Sasus* confine à l'Océan... elle renferme beaucoup de mines d'or. Tous les deux ans,

(1) Giraud, *Les Lacs de l'Afrique équatoriale*, p. 141.
(2) W. Montagu Kerr, *The Far Interior*, p. 116.
(3) *Proceed. of the Roy. Geogr. Soc. of London*, 1887, p. 468.
(4) Lib. III, numm. 20, 23, 114.
(5) Lib. II, n. 9.
(6) Migne, *Patr. grecq.*, t. LXXXVIII.

le roi d'Axum (1) envoie là-bas des hommes pour faire le commerce de l'or. Beaucoup d'autres marchands les accompagnent. Ils sont parfois plus de cinq cents. Ils exportent des bœufs, du sel et du fer. Quand ils sont arrivés tout près du pays, ils s'arrêtent à un certain endroit, construisent un enclos d'épines entrelacées, dans lequel ils s'établissent. Les bœufs sont abattus, et les quartiers de chair accrochés aux épines de la haie ; on place aussi, à côté, le sel et le fer. Alors les indigènes apportent leurs lingots d'or, qu'ils appellent *tanchara ;* chacun dépose un, deux ou trois lingots ou sur le quartier de bœuf, ou sur le sel, ou sur le fer, à son choix, et il reste debout en dehors de l'enclos. Le propriétaire du bœuf arrive, et s'il est satisfait du prix, il prend l'or, et l'autre enlève, soit la viande, soit le sel, soit le fer. Si le prix ne convient pas, l'or est laissé, et l'indigène, voyant que son offre n'est pas acceptée, ou bien ajoute au poids, ou bien reprend l'or, et s'en va... En cinq jours, cette vente est terminée, mais il faut six mois entiers pour aller en ce pays et en revenir » (2).

A en croire le P. Torrend (3), ce peuple de *Sasus* n'est autre que la principale tribu bantoue, déjà fixée, quand Cosmas écrivait, dans la région de Sofala. Sans doute, il n'est pas impossible d'identifier quelques-unes des données fournies par le moine égyptien. Ainsi, lui-même précise très exactement la position du pays de Sasus. Il est situé, le long de la côte, au sud de l'Océan qui s'appelle Ζίγγιον. Cette dernière dénomination répond à celle des Arabes qui désignaient à la latitude de Zanzibar l'Océan par le nom de *Zindj*.

Que les Éthiopiens d'Axum missent trois ou quatre mois à descendre jusqu'à Sofala, rien d'étonnant. Aujourd'hui encore, des caravanes prennent le même temps pour franchir en Afrique des distances équivalentes.

(1) Axum est un port sur la Mer Rouge.
(2) *Patr. grecq.*, t. LXXXVIII. p. 99.
(3) *Op. cit.*, p. xxxviii.

Au témoignage de Heeren, si l'on compare les deux récits d'Hérodote et de Cosmas, ils s'éclairent d'une mutuelle clarté (1). En effet, ce « plateau du soleil » dont parle le père de l'histoire et sur lequel le *wafalime* expose de la viande bouillie, ne serait point autre chose que la région où se faisait le trafic décrit par Cosmas.

Le P. Torrend a cru pouvoir préciser plus exactement encore cet endroit (2). Ce serait le pays de Sagara, situé au nord du lac Nyassa. Le savant africaniste donne, comme preuve de cette assertion, que *i gala*, en cafre, veut dire « soleil », et que le préfixe *sa* joint à *gala* peut désigner « les plaines du soleil ». Sagara serait ainsi le pendant du Nyamwezi « montagne de la lune ». Pour dire toute notre pensée, ces étymologies de noms géographiques nous paraissent bien hasardées.

Il y a, en outre, contre l'identification de Sagara avec le pays auquel il serait fait allusion dans le passage cité de Cosmas, une autre objection. Sagara n'est pas une région aurifère ; les fameux gisements de l'Afrique orientale sont situés plus bas à Tété et à Senna, bien au sud du lac Nyassa. Sans doute, il n'est pas absolument impossible que les indigènes allassent à la rencontre des marchands d'Axum et transportassent l'or de Senna au Sagara. Mais si cette hypothèse n'a rien d'invraisemblable, elle n'a pour elle aucune preuve.

En résumé, tous les détails que nous venons de rassembler sont assez peu précis. S'ils attestent qu'à une époque reculée le sud de l'Afrique orientale était déjà occupé par un peuple exploitant l'or de ses filons, nous demeurons dans le vague par rapport à l'origine et au caractère ethnique de ces tribus. Étaient-ce des Bantous ? N'étaient-ce point plutôt des Hottentots, précurseurs des Bantous en Afrique ? Nous n'en savons rien, et les données acquises

(1) *Nouveau Journal asiatique*, 1829, t. II, p. 363.
(2) *Op. cit.*, p. XXXIX.

jusqu'à ce jour ne fournissent point, ce nous semble, d'autre conclusion que celle de l'existence des populations sud-africaines. Aller au delà, c'est forcer la valeur des témoignages.

VI

Il a été de mode en ces dernières années de rajeunir l'opinion jadis défendue par Quatremère (1) que l'Ophir, où Salomon allait s'approvisionner d'or et de bois de santal, était situé sur la côte de Sofala. Cette thèse a repris une nouvelle faveur depuis que Mauch (2) eut découvert les ruines de Zimbabye, attribuées par lui aux Bantous. On en avait conclu que ces anciens habitants de l'Afrique australe constituaient une nation puissante et plus civilisée que ne le sont les tribus occupant de nos jours ces régions. Dès lors, rien d'étonnant à ce qu'elles se fussent trouvées en contact avec le puissant monarque de Jérusalem.

Nous avons déjà dit que les plus récentes explorations des Anglais de la *Chartered Company* favorisent aussi peu que possible les vues de ceux qui font des constructions de Zimbabye l'œuvre des Bantous. Quant à retrouver Ophir sur la côte de Sofala, cela demeure bien problématique (3).

Cette opinion n'est pas nouvelle. Cosmas Indicopleuste (4) dit expressément que non seulement l'or, mais le bois précieux et les singes reçus par Salomon de la reine de Saba, ou rapportés par sa flotte à Aziongaber provenaient de l'Afrique australe. La même tradition fut rapportée par les Arabes aux Portugais, quand ceux-ci

(1) *Mém. de l'Académie des Inscriptions et Belles-lettres*, 1842, 2e partie, pp. 349 402.

(2) *Petermann's Mittheilungen*, 1871.

(3) Voir sur cette question un article très complet de la *Revue britannique*, 1867, pp. 5-35.

(4) *P. G.*, t. LXXXVIII, p. 98.

rencontrèrent pour la première fois leurs vaisseaux qui revenaient de Sofala chargés d'or.

Les linguistes (1) qui défendent ces vues ne sont pas embarrassés pour dire qu'Ophir, Σωφὶρ chez les Septante, n'est autre chose que *Sofala*, *Sofara*. Du reste, n'a-t-on point, dans certains idiomes bantous, pour désigner cette contrée, *Ku-piri*, *A-mpire*, *A-mbiri*, *Ba-peri?* Or, tous ces termes ressemblent, dit-on, de bien près à celui d'Ophir.

De pareilles analogies sont établies pour les mots *parvaïm* (2) et *'ufaz* (3) de la Bible. Sans hésiter, on proclame que *'ufaz*, c'est l'île de Patta, dont la capitale a été longtemps un centre pour l'exploitation de l'or et qui s'appelait encore *A-mpaza* au XVIIe siècle. Quant à *parvaïm*, on va jusqu'à y voir le nom moderne *Ba-roa* ou *Ba-tua*, des Hottentots et des Bushmen (4), alors que le sens de ce mot est bien connu : il signifie « les archers » (5).

Voilà bien l'abus de la philologie comparée! Il nous souvient qu'avec pareils procédés on a trouvé Ophir au Pérou, *parvaïm* étant le duel du nom *Peru* (6). Il n'y a rien à tirer de ces étymologies hasardées.

Contre l'idée de placer Ophir en pays bantou, Gesenius a objecté que les mines d'or étant éloignées de la côte de Sofala de deux cents milles espagnols, il est peu vraisemblable que les sujets de Salomon aient pénétré si avant dans les terres africaines (7). Cette difficulté n'est pas radicale; dès lors que les placers aurifères de Tati et de Senna étaient en exploitation, il est à croire que les produits furent bientôt envoyés à la côte. Toute la question est de savoir si la mise en activité des mines d'or de Sofala remonte à une si haute antiquité.

(1) Cfr Torrend, *op. cit.*, pp. XLI, XLII.
(2) III *Chronic.*, III, 6.
(3) *Jer.*, X. 9; *Dan.*, X, 5,
(4) Torrend, *loc. cit.*
(5) Girard de Rialle, *Les Peuples de l'Afrique*, p. 35.
(6) Vigouroux, *La Bible et les découvertes modernes*, 4e éd., t. III, p. 579.
(7) Ersch und Grüber's *Allgemeine Encyklopädie*, 3te Sect., 4ter Th., pp. 201-2.

On invoque le témoignage du voyageur allemand Karl Mauch qui a visité la région de Sofala en 1871, et prononcé l'identification d'Ophir avec ce pays(1). Mais depuis, d'autres explorateurs, Salt (2), Maund (3) et bien d'autres, ont renoncé à pareille interprétation.

A notre sens, la grande et invincible difficulté qui s'oppose à placer Ophir en Afrique, c'est l'origine nettement hindoue des produits que Salomon tirait d'Ophir. Lassen a démontré ce point d'une façon irréfutable. Les singes, les paons, le bois de santal, l'ivoire portent, chose étrange pour la langue de la Bible, des noms hindous (4).

Pour échapper à la force de cette démonstration, Quatremère a contesté que le bois d'*algoumim* soit le bois de santal (5) et que le mot *tukkyim* désigne les paons (6). Il y voit des perroquets ; d'autres, depuis, en ont fait des poules de Guinée.

On peut, nous ne l'ignorons pas, élever certaines difficultés contre l'origine indienne, non pas contre le nom hindou, du bois de santal, puisqu'il est parlé d'*algoumim* du Liban (7). Mais cette difficulté n'est qu'apparente (8), et comparer *algoumim* avec *li-gumi* des dialectes du Senna et du Nyassa constitue une entreprise philologique d'une hardiesse effrayante (9).

Quant à transformer les *tukkyim* « paons » en perroquets, c'est aller contre les interprétations les plus certaines. Sans doute, les partisans de l'Ophir africain ont raison de vouloir se débarrasser du témoignage des paons. Ils sont fort gênants pour leur opinion ; car cet oiseau est

(1) *Bull. de la Soc. de Géogr. de Paris*, 1872, pp. 511-25.
(2) Voir Ersch und Grüber, *loc. cit.*
(3) *Proceedings of the Roy. Geogr. Society of London*, 1891, p. 19.
(4) *Indische Alterthumskunde*, t. I, pp. 651-99.
(5) *Mém. de l'Acad. des inscript. et belles-lettres*, 1842, 2e partie, p. 361-2.
(6) *Ibid.*, p. 362.
(7) II *Chronic.*, II, 7.
(8) Vigouroux, *op. cit.*, p. 586.
(9) Torrend, *op. cit.*, p. XLI.

de côté la grande fluorescence ; on pose encore une minute ou deux (pas trop longtemps, de peur d'effacer la première ombre). Sur la plaque, au développement, on trouve deux ombres de l'objet opaque, dans des positions qui indiquent bien l'exactitude de la proposition de Röntgen.

Sous le jet cathodique, les parois du tube et divers obstacles atteints par ce jet deviennent luminescents. Quelle est l'importance de ce phénomène? La luminescence comme telle n'agit-elle que faiblement? Tout porte à le croire, vu que Röntgen a obtenu des rayons X au moyen d'un tube fermé par une lame d'aluminium de 2^{mm} d'épaisseur. La fluorescence visible n'est donc pas nécessaire. Mais, au moins, est-elle dans les tubes de verre la marque des régions actives. Toutefois nous nous garderions bien de dire que, de deux plages voisines, la plus brillante est la plus active. Nous avons exécuté nous-même une photographie qui démontre la grande efficacité du centre de la région d'éclat maximum de notre meilleur tube : or ce centre est plus sombre que la région annulaire qui l'entoure, et qui est un peu moins énergique que lui.

Plus étrange encore est l'affirmation qui prétend que les rayons X émanent de l'anode. Pour nous, nous n'avons pu déceler qu'une action photographique d'une faiblesse extrême en face de l'anode, et aucune action fluorescente sur l'écran au platinocyanure.

Ce dernier point a été vérifié vingt fois. Très souvent nous avons refait des essais au moyen du dit écran, souvent aussi nous avons montré à des visiteurs ces phénomènes curieux. La manœuvre du commutateur amenait-elle l'anode en face de l'écran au platinocyanure, celui-ci restait obscur, tandis qu'il s'illuminait vivement quand, par le renversement du courant, il se trouvait en face de la plage luminescente sous le rayonnement cathodique.

Quant à la photographie, nous avons fait deux clichés relatifs à la question qui nous occupe. Nous allons les décrire. Chacun porte un certain nombre d'images d'un

objet identique, ayant posé toujours le même temps, mais sous des rayonnements différents. La plaque était divisée en compartiments égaux par des écrans mobiles. A chacun de ces écrans, pendant la durée d'une pose partielle, on substituait l'objet. Puis l'écran était replacé sur le compartiment impressionné.

L'identité de l'objet, de la plaque, du développement, de toutes les conditions, en un mot, à part celles-là seulement dont nous voulions apprécier l'influence, nous garantissait des résultats parfaitement comparables.

La première plaque a pour but de rechercher l'*efficacité photographique respective des diverses régions du tube*.

L'objet est une spirale d'un centimètre de diamètre en fil de fer. Ses diverses portions sont à des distances variables de la plaque ; il sera difficile d'en avoir une cathodographie nette. C'est ce qui a dicté notre choix.

Le tube reste toujours à dix centimètres de la plaque. Chaque compartiment pose deux minutes.

Ici, comme dans la plupart de nos expériences, le châssis est constitué par un simple sachet de soie caoutchoutée.

Nous employons d'abord le tube totalement découvert, afin d'apprécier l'intensité du rayonnement total. Comme résultat, le fond du compartiment est énergiquement attaqué. Sur ce fond clair se détachent des traits d'ombres parallèles, énergiques sur une très faible longueur, et se perdant bientôt dans une image absolument diffuse. Ce sont les portions de la spirale reposant directement sur le sachet : elles seules sont venues, le reste est perdu dans la pénombre ou dans la pleine lumière.

La seconde image est due au rayonnement exclusif d'une plage de 20^{mm} de diamètre découpée dans la région directement anticathodique et d'éclat fluorescent maximum. Pour délimiter cette région, on interpose entre la plaque et le tube, tout contre ce dernier, une large feuille de plomb dans laquelle une fenêtre de la dimension

indiquée a été découpée. Le centre de la région active est comme toujours dans la verticale du centre du compartiment en expérience. L'action lumineuse est moins forte sans contredit que dans le premier cas ; la suite nous donnera une mesure approximative de l'affaiblissement. Mais remarquons en passant que cette seconde image est incomparablement plus nette que la première, et malgré la difficulté de l'objet, malgré la proximité du tube, le flou ne se montre que dans les portions de la spirale les plus éloignées de la plaque.

L'éclat fluorescent de la partie anticathodique de notre tube n'est pas uniforme, même approximativement, et son intensité ne décroît pas régulièrement à partir du centre. La région centrale est relativement obscure, un anneau brillant l'entoure. C'est l'ensemble de ces deux régions qui, dans la seconde expérience, fournissait l'énergie actinique en action. Nous avons voulu savoir quelle était l'intensité relative de chacune d'elles.

La troisième image montre l'influence de la seule plage centrale obscure. On a réduit l'ouverture du diaphragme à n'avoir plus que 10^{mm} de diamètre ; sa surface n'a donc plus que le quart de sa valeur primitive. L'intensité de la photographie est notablement diminuée ; naturellement la netteté s'est accrue.

Le quatrième compartiment renferme l'image due à l'anneau lumineux qui entoure la plage centrale. Celle-ci a été cachée par un petit écran circulaire de 10^{mm} de diamètre. La surface active est ici trois fois plus grande que dans l'expérience précédente ; néanmoins cette image est plus faible que la troisième. La conclusion est que l'intensité actinique du rayonnement X des diverses plages de la région anticathodique ne répond pas exactement à leur fluorescence. Dans le passage de l'image 3 à l'image 4, la netteté a diminué, ainsi qu'il fallait s'y attendre.

On voit déjà que la grande partie de l'intensité photographique de notre tube à vide est ramassée sur une région

assez restreinte, et que cette intensité décroît rapidement dès qu'on s'en écarte.

La diminution du pouvoir actinique est énorme à une distance de 5 ou 6 centimètres de la région centrale, — distance comptée le long de la paroi; — l'extinction est presque complète.

L'image du cinquième compartiment répond à cette nouvelle plage intermédiaire entre les régions anticathodique et antianodique. La portion active avait de nouveau une ouverture de 20^{mm} : on l'avait prise sur le méridien du tube dont le plan est perpendiculaire au plan formé par les axes cathodique et anodique. L'image est perceptible sur le négatif et aussi sur les épreuves positives, mais à grand'peine, et à la condition de les faire miroiter.

Peut-être retrouverons-nous quelque centre actif important dans la région antianodique ? Il n'en est rien, et la sixième image, prise sous la plage frappée directement par le jet violacé que l'on voit par moments jaillir de l'anode, est aussi insignifiante que la cinquième.

Il est clair, après cela, que, dans notre tube du moins, le rayonnement X n'est pas dû à l'anode mais bien à la cathode, et s'il n'est pas impossible qu'il y ait rayonnement anodique, ce phénomène n'est pas général et doit tenir à des conditions particulières d'expérience; il n'est pas essentiellement lié à la production des rayons X au moyen des ampoules de Crookes.

Quant au faible rayonnement relevé sur la région antianodique et sur la plage intermédiaire entre les régions anticathodique et antianodique, on l'explique facilement dans l'hypothèse de l'efficacité de la seule anticathode. Prenons le cas le moins favorable à l'éparpillement du rayonnement cathodique, la cathode en forme de coupe. Dans ce cas, son rayonnement se concentre en grande partie sur une portion restreinte de la paroi opposée ; toutefois, de chacun des points de l'électrode négative émanent de maigres faisceaux de rayons à peu

près dans toutes les directions; de là une légère fluorescence répandue sur presque tout le tube, de là aussi une émission atténuée de rayons X de tous les points de la paroi ; cette fluorescence et ce rayonnement X sont encore assez sensibles sur la paroi latérale au niveau de la section transversale maximum, c'est-à-dire à la courbe de raccordement du tronc de cône qui forme le corps du tube et de la calotte qui le termine. Si des plaques sensibles sont disposées tout autour du tube à la hauteur de cette courbe, on y constatera une action actinique assez faible. Nous en avons fait l'essai.

Nous avons dit plus haut avec Röntgen et Perrin que la source du rayonnement X se trouve sur la paroi fluorescente : nous entendions surtout exclure l'hypothèse qui, à première vue, paraissait la plus naturelle, et qui consisterait à voir dans la cathode même le centre d'émission de ces rayons. Ce centre est très certainement plutôt à la paroi qu'à la cathode. Est-il exactement sur la paroi? Galitzine et de Karnojitski affirment qu'il ne correspond pas à la surface du tube, mais se trouve à l'intérieur, à une distance de quelques millimètres de la paroi. La chose est évidemment possible. Comment d'ailleurs raisonner *à priori* sur un rayonnement X ? Toutefois nous aimerions voir cette proposition confirmée par des mesures nombreuses et précises, exécutées avec des faisceaux déliés, définis par des diaphragmes d'ouverture réduite, non seulement avec des tubes illuminés par un jet cathodique régulier, mais encore avec un rayonnement contrarié, dévié par l'aimant, etc.

Tâchons maintenant de *comparer* avec une certaine précision *le rayonnement de la plage directement anticathodique à celui d'une région voisine.*

Notre seconde cathodographie nous renseigne à ce sujet. Elle est divisée en cinq compartiments sur chacun desquels on a cathodographié une même grenouille ; chaque fois,

le centre de la région active se trouvait dans la verticale du point de naissance des cuisses. L'ouverture du diaphragme resta la même dans toutes les expériences : 18 millimètres.

La région centrale d'éclat maximum a fourni les images 2, 3, 4 et 5 ; les distances seules du tube à la plaque ont varié d'un cas à l'autre : 10 centimètres pour l'image 2 ; 20 pour l'image 3, puis 30 et 40 pour 5 et 6 respectivement.

On a déplacé ensuite le diaphragme, formé ici d'une calotte de plomb appliquée sur le tube, de façon à découvrir une plage aussi voisine que possible de la région centrale. Il fallut le reculer de 23 millimètres de la position primitive. Le tube fut ramené à 10 centimètres de la plage comme pour l'image 2 ; on obtint l'image 6 ; or celle-ci est nettement plus faible que l'image 5.

Que s'ensuit-il ? Röntgen, nous l'avons dit, et, plus récemment, G. Meslin (COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 719, note 1) ont vérifié que la lumière fluorescente varie à peu près comme l'inverse du carré de la distance qui sépare l'écran du tube à décharges. Cette même loi a été retrouvée pour la variation de l'effet électrique des rayons X ; nous pouvons très vraisemblablement l'admettre aussi pour leur action actinique. Dès lors, les intensités respectives des images 2, 3, 4 et 5 seront comme les nombres 1, 1/4, 1/9, et 1/16, et nous concluons qu'en passant de la région d'éclat fluorescent maximum à la région immédiatement voisine, l'intensité photographique d'une plage égale tombe en dessous du seizième de sa valeur primitive.

Terminons et résumons cette étude du rendement en rayons X des diverses portions de la paroi du tube dans les mêmes termes qu'une note que M. Folie nous a fait l'honneur de présenter à l'Académie royale des sciences dans sa séance du 4 avril dernier :

« Ces résultats sont en parfait accord avec ce que montre

l'observation directe de la fluorescence produite sur l'écran au platinocyanure de baryum par les rayons X. Là aussi, quoique d'une façon moins précise, nous avons trouvé :

» 1° Que l'emploi d'un diaphragme de 18 millimètres d'ouverture, appliqué sur la région directement anticathodique, n'enlève qu'une faible partie de la lumière.

» 2° Que ce même procédé montre *nettement* les ombres des corps opaques aux rayons X sans que l'application immédiate de l'écran sur ces objets soit alors nécessaire (exemples : pièce en cuivre ajourée dans un porte-monnaie à double poche, os métacarpiens, articulations des phalanges des doigts).

» 3° Que les phénomènes perdent rapidement en éclat dès qu'on utilise non plus la région directement anticathodique, mais toute autre région même très voisine.

» 4° Que le jet anodique ne produit aucun effet perceptible. »

Dans les paragraphes précédents sont semés de ci de là bon nombre de détails qui intéressent la *technique de la cathodographie*. Nous allons ici rassembler ces détails et les préciser de façon à en déduire comme dans un tableau les conditions à réaliser pour accroître la perfection des silhouettes de Röntgen.

Une silhouette en général est d'autant plus nette que la source lumineuse est de surface plus restreinte, qu'elle est plus éloignée de l'objet, et que celui-ci est plus rapproché de l'écran sur lequel il porte ombre.

Devant le mur blanc d'une pièce éclairée par la longue flamme d'un bec de gaz à cheminée cylindrique, placez votre main les doigts écartés. Le mur est votre écran, vous y observerez l'ombre portée de votre main. Supposons une distance de deux mètres entre la flamme et la main, et 20 ou 30 centimètres de celle-ci au mur ; dans ces conditions, les effets à observer seront bien marqués. L'ombre est d'abord assez diffuse, ses contours sont flous, la pénombre

est notable. Mais priez un aide de réduire la flamme de moitié, et aussitôt vous verrez la silhouette gagner notablement en précision, elle sera beaucoup plus définie. Faites rendre à la flamme ses dimensions premières et modifiez la distance de votre main à l'écran : la rapprochez-vous du mur, l'ombre gagne en définition ; l'écartez-vous davantage, elle perd de plus en plus, la pénombre l'envahit progressivement. Transportez-vous devant un mur plus éloigné de la flamme, et pour une même dimension de celle-ci et une même distance de la main au mur vous avez une image plus nette que précédemment. La théorie très simple des ombres, que l'on trouve en tête de tous les traités d'optique, rend compte de ces phénomènes. — Évidemment, avec une source lumineuse de faible intensité, il faudra diminuer la distance de l'écran sous peine de n'obtenir plus qu'une ombre qui se distingue à peine de la plage éclairée. La netteté doit alors entrer en compromis avec la luminosité.

Ces considérations dictent d'abord la forme à donner à la cathode, ensuite les dispositions à adopter pour les objets, pour la paroi du tube source du rayonnement, et pour la plaque sensible qui sert d'écran (ou pour l'écran fluorescent).

La forme de la cathode doit être de préférence celle d'un miroir sphérique concave. D'après les principes exposés plus haut, les rayons cathodiques convergeront en son centre de courbure pour diverger ensuite. Ce centre doit se trouver assez rapproché de la paroi du tube. Il ne peut coïncider avec la paroi : trop facilement il l'échaufferait au point de la ramollir, ce qui entraînerait la ruine des tubes ; mais s'il en est voisin, le faisceau cathodique rencontre le verre suivant une plage circulaire restreinte qui constituera une source très abondante de rayons X. Poincaré est le promoteur de ce principe de construction. Les fabricants lui ont-ils donné l'attention que méritait la grande autorité de celui qui le proposait ? Nous ne savons.

Seguy recommande les tubes en boule à électrodes filiformes. Nous avouons ne pouvoir pas comprendre l'avantage qu'ils offriraient. La cathode filiforme dissémine les rayons cathodiques au lieu de les concentrer, la source des rayons X s'étend sur une surface notable.....

Ducretet préconise la forme poire allongée de grandes dimensions : 25 centimètres de longueur suivant le grand axe, sur 10 centimètres de largeur à la base de la calotte anticathodique. Un des principaux avantages de ces tubes serait, à cause de leur volume, de mieux tenir le vide. Cette forme est dérivée du tube de Crookes à croix d'aluminium.

La maison Geissler a adopté aussi la forme poire, mais elle a soin de donner à la cathode une forme assez concave. C'est l'idée de Poincaré et le dispositif que nous préférerions toujours.

Les tubes de S. P. Thompson décrits plus haut sont aussi fort à recommander.

La partie opaque des objets à cathodographier, les os, par exemple, s'appliquera toujours le plus possible contre la plaque.

Quelques doubles de papier aiguille forment un châssis excellent au point de vue de la faible épaisseur et de la transparence ; il a l'inconvénient de se percer très vite le long des plis et surtout aux coins. Le sachet en soie caoutchoutée livré par la maison Leybold's Nachfolger est beaucoup plus résistant. Il protège parfaitement la plaque contre la lumière du jour et son maniement est des plus commodes. Il est chargé en un instant.

Si les objets ne peuvent pas être amenés à moins de 10 ou 20 millimètres de la plaque, le tube devra être d'autant plus diaphragmé et d'autant plus éloigné du châssis. Pour une main d'homme fait appliquée par la paume sur le sachet de soie, un diaphragme de 18 millimètres d'ouverture et 12 à 15 centimètres du tube à la plaque nous ont donné une netteté irréprochable.

En dehors de la fluorescence et de la réduction des sels d'argent, on présume facilement que d'*autres influences* doivent être *exercées par les rayons X*. La communauté d'origine qu'ils ont avec les rayons cathodiques conduit tout naturellement à le penser.

Ainsi les rayons de cathode sont doués d'une énergie susceptible de produire de puissants effets calorifiques dont la mention se représente plusieurs fois au cours de ce travail. D'autre part, le phénomène de la fluorescence n'est-il pas lui-même une preuve de la faculté possédée par les rayons X de transformer leur énergie ?

Röntgen se demanda si les rayons X pourraient produire un effet calorifique. Les recherches qu'il institua dans ce sens restèrent infructueuses. Jusqu'ici d'ailleurs personne, que nous sachions, n'a réussi à mettre en évidence une action de ce genre dans le nouveau rayonnement.

Gossart et Chevalier, en cherchant à manifester le dégagement de chaleur qui se produit dans un tube de Crookes en même temps que la luminescence, découvrirent une action absolument nouvelle sur le radiomètre, action non pas calorifique, non pas de mouvement, mais d'arrêt.

On sait que le moulinet du curieux instrument dû à l'ingéniosité de Crookes se met à tourner dans son ampoule vide d'air à la seule présentation d'une source de chaleur même très faible. Ainsi, le radiomètre restant dans l'armoire fermée du cabinet de physique, nous lui présentons à un mètre de distance une simple allumette enflammée, et peu à peu, lentement, les ailettes sortent de leur immobilité et se mettent à tourner.

Or, chose étrange et absolument inattendue, placé devant un tube de Crookes très échauffé par le rayonnement cathodique, le radiomètre persiste dans son immobilité. On éteint le tube de Crookes, et recourant à un foyer calorifique auxiliaire, on imprime aux ailettes une rotation rapide, 15 tours par minute ; le courant est-il alors de nouveau envoyé dans le tube, le moulinet s'arrête,

se cale, après des oscillations d'autant plus rapides que le radiomètre est plus près du tube de Crookes.

Les ailettes du radiomètre sont donc soumises, en présence du tube à décharges, à un champ de force émanant du tube et qui va décroissant à mesure qu'on s'éloigne de celui-ci.

Righi a renouvelé cette expérience et trouvé ce nouveau résultat non moins curieux : l'arrêt du radiomètre n'a plus lieu si on baigne parfaitement toute sa paroi extérieure.

Faut-il d'ailleurs attribuer aux rayons X eux-mêmes l'effet obtenu par Gossart et Chevalier ? N'est-ce pas plutôt, comme le pense Raveau, un phénomène dû au champ électrique créé par le tube de Crookes ?

Les expériences de Rydberg montrent que l'interprétation de Raveau est la vraie. Toutes les actions exercées sur le radiomètre tirent leur origine de la couche bien connue d'électricité positive dont est couverte la surface extérieure anticathodique du tube de Crookes en activité. Le calage et les oscillations pendulaires autour d'une position d'équilibre se reproduisent exactement avec un conducteur de même forme que le tube et chargé positivement. En renfermant le radiomètre dans un cylindre de Faraday formé d'une feuille d'étain, qui n'arrête pas l'action photographique, on trouve que le rayonnement du tube n'y produit plus d'action mécanique (Comptes rendus, 23 mars, p. 715).

La fluorescence des écrans et l'effet photographique rapprochent encore les rayons X des rayons ultra-violets ordinaires, — à tel point qu'il nous a été nécessaire d'établir au préalable qu'ils ne leur étaient pas identiques.

La distinction une fois prouvée, on s'est retourné du côté des analogies.

Une des plus curieuses propriétés des rayons ultra-violets consiste en ce qu'ils provoquent la décharge des

corps électrisés exposés à leur action. Hurmuzescu et Benoist en France, Dufour à Lausanne, Righi à Bologne, J.-J. Thomson à Cambridge, Borgmann et Gerchun à Saint-Pétersbourg, constatèrent presque simultanément une efficacité toute semblable dans les rayons X. On remarquera que, dans ces recherches, les corps électrisés soumis au rayonnement X étaient protégés contre toute action électrostatique par un cylindre de Faraday. Cette précaution était évidemment nécessaire, étant donné le mode de production de ce rayonnement.

Il s'en faut de beaucoup que les résultats des divers physiciens soient absolument concordants. Le signe des charges qui peuvent être dissipées n'est pas le même d'après tous les observateurs ; mêmes divergences sur la nature de la charge finale. Ces contradictions sont-elles dues à la diversité des tubes employés ? Ce doute s'impose d'autant plus impérieusement que divers tubes, ou même un tube unique mais diversement excité, ont fourni des coefficients de transmission différents pour le même échantillon. Quoi qu'il en soit, pour le moment il reste un fait bien établi, à savoir que le potentiel d'un corps électrisé, exposé aux rayons de Röntgen, ne peut conserver une valeur (absolue) très grande.

Un autre fait qui semble connexe de la propriété citée à l'instant, est l'abaissement du potentiel explosif, constaté par Swyngedauw pour les charges statiques, et avec beaucoup plus d'intensité pour les charges dynamiques. Bergmann et Gerchun l'ont également observé ainsi que Cave.

Les rayons X, nous l'avons vu, se modifient, se dégradent en excitant la fluorescence du platinocyanure de baryum. Ils se modifient aussi en exerçant le pouvoir qu'ils ont de décharger un corps électrisé. Peut-être y a-t-il là aussi dégradation, mais d'un autre genre.

Quoi qu'il en soit, *les rayons X, après avoir opéré cette*

décharge, sont sensibles à l'action d'un électro-aimant. Et c'est bien à la décharge qu'il faut attribuer cette transformation. A. Lafay, qui signale cette nouvelle et très curieuse propriété, l'a vérifié. Si le corps conducteur baigné par le rayonnement X n'est pas électrisé, ce rayonnement traverse impunément un champ magnétique intense, il n'est pas dévié par son action (COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 703).

Chose plus étrange encore : *selon que les corps soumis à la décharge sont électrisés positivement ou négativement, les rayons X, agents de la décharge, subissent de la part des champs magnétiques des influences de sens contraires.*

La règle donnée par Hittorf pour les rayons cathodiques s'étend à ce nouveau phénomène. « Assimilons le flux de Röntgen à un faisceau de fils conducteurs, indéfinis, flexibles et sans poids. Lorsqu'ils traversent une lame électrisée positivement, ils permettent sa décharge et sont le siège d'un mouvement électrique qui s'écoule vers les points à potentiels plus faibles. Quand la lamelle est électrisée négativement, le sens du mouvement est de sens inverse. Dans les deux cas, les conducteurs se tordent sous l'action du champ magnétique, et le sens de cette déviation est donnée par la règle d'Ampère. »

Lafay appelle ces rayons modifiés *rayons X électrisés positivement* ou *négativement* suivant le cas.

Le fait que la règle d'Ampère s'applique aux rayons électrisés, rapproche singulièrement ces derniers de l'effluve à l'air libre et de la décharge dans les tubes de Geissler. Lafay croit pouvoir affirmer qu'il existe entre ces mêmes rayons électrisés *négativement*, se propageant dans l'air raréfié, et les rayons cathodiques, la plus grande analogie, *peut-être même identité absolue* (COMPTES RENDUS, 7 avril, p. 810).

Benoist et Hurmuzescu se sont servis du pouvoir de dissipation à l'égard des charges électriques pour étudier les *lois de la transmission et de la production des rayons X,*

— comme Röntgen et d'autres avaient étudié les mêmes lois au moyen des variations de la fluorescence et de l'action photographique.

La loi de l'inverse du carré des distances s'est retrouvée ici encore pour l'intensité. Mais le résultat qu'il importe surtout de remarquer, c'est l'*hétérogénéité* des rayons X. La proportion de rayonnement transmise par les couches successives égales en épaisseur d'un même échantillon homogène n'est pas constante. Si un dixième du rayonnement traverse par exemple la première couche, ce n'est pas seulement un dixième du résidu qui traversera la seconde couche égale, mais, par exemple, deux dixièmes. Ce qui veut dire que la première couche a opéré comme un triage dans les rayons X.

Si la fraction de rayonnement non absorbée par la première couche était de la même nature que la fraction absorbée, une nouvelle couche, identique à la première, absorberait à son tour les neuf dixièmes du résidu et n'en laisserait passer qu'un dixième. Mais deux dixièmes réussissent à la traverser : c'est que les rayons composant ce résidu sont d'une énergie moyenne supérieure à celle des rayons qui formaient le faisceau primitif. Les rayons X n'ont donc pas tous des propriétés égales ; il faut en distinguer de diverses classes.

Dès lors, ne conviendrait-il pas, lorsqu'on parle d'intensité de transmission, par exemple, de spécifier toujours de quelle propriété il s'agit ? de ne pas dire d'une façon générale : telle substance a tel coefficient de transmission pour les rayons X, mais de préciser comme ceci : tel coefficient de transmission à l'égard de telle propriété des rayons X. Les pouvoirs calorifique, lumineux et actinique ne sont pas uniformément répartis sur toute l'étendue du spectre solaire. Le pouvoir calorifique réside surtout dans le spectre infra-rouge, et l'actinique à l'autre extrémité. N'y a-t-il pas de même une première classe de rayons X

féconde en effets de fluorescence et inerte ou à peu près au point de vue électrique, une seconde très actinique et rien que cela, etc. ? Plusieurs auteurs semblent ne pas s'être arrêtés à ces considérations.

L'application la plus surprenante des rayons X, celle aussi qui s'annonce dès aujourd'hui comme la plus abondante en résultats d'une importance incalculable, est, sans aucun doute, la *cathodographie du squelette* dans le vivant. Ainsi que le fait remarquer Poincaré, on aurait pu craindre que les rayons X fussent non seulement absorbés, mais énergiquement diffusés par les milieux relativement opaques, tels que les chairs. Dès lors, ils se trouvaient dans l'impossibilité de traverser tout corps un peu épais. Il n'en est rien. Et l'on peut nourrir l'espoir fondé d'arriver à pénétrer toute l'épaisseur du corps humain, du moins avec des poses prolongées, dès que les procédés d'intensification des rayons X auront été poussés un peu plus avant.

Bien mieux : c'est beaucoup moins l'arrêt des rayons X par les corps épais qu'il faut craindre, que le danger de les voir traverser les os presque à l'égal des chairs, — résultat dûment constaté par S. P. Thompson, malgré toute son apparence paradoxale. Quelles surprises ces étranges rayons X ne nous réservent-ils pas encore ?

S. P. Thompson nous a appris plus haut qu'il n'y avait rien à gagner à pousser le vide au delà de la limite qu'il nous a si nettement précisée. Une première raison est qu'alors le tube risque beaucoup d'être percé par une étincelle. La seconde est le fait que nous signalons : quand le vide est exagéré, les rayons X pénètrent non seulement la chair, mais aussi les os (COMPTES RENDUS, 7 avril, p. 809).

A condition d'éviter cet excès, ou plutôt, sans doute, à condition de régler le degré de vide employé sur l'épaisseur des tissus à pénétrer avant d'atteindre les os à catho-

dographier, le rayonnement röntgénien fera faire à la chirurgie des progrès remarquables (1).

Rappeler ici, en les groupant, quelques-uns des principaux résultats déjà obtenus montrera ce que l'on peut attendre de la nouvelle méthode.

La première application pratique de la cathodographie à la chirurgie semble avoir été faite par Mosetig de Vienne. Il s'agissait d'un dédoublement de la phalange du gros orteil. La diagnose ordinaire ne pouvait distinguer entre ces deux os le surnuméraire de celui qui était vraiment articulé avec la phalange moyenne ; en conséquence, l'amputation avait été décidée. Mais une röntgénographie montra qu'une des deux phalanges formait le joint normal, tandis que l'autre n'était en somme qu'une excroissance osseuse. Avec cette épreuve, il fut aisé au chirurgien d'enlever l'extra-phalange.

Vinrent ensuite les recherches du professeur Lannelongue et des docteurs Oudin et Barthélemy. Ils obtinrent, au travers des tissus de la cuisse, l'image d'un fémur atteint d'ostéomyélite (2). Les régions où le tissu osseux était demeuré intact avaient arrêté les rayons ; ceux-ci avaient au contraire traversé la partie où le tissu osseux avait été détruit. Ils appliquèrent le même procédé à une main dont le médius était atteint d'ostéite tuberculeuse ; l'os de la première phalange étant gonflé avait intercepté les rayons sur une plus grande largeur que ne

(1) On a déjà reconnu de grands avantages à l'emploi non pas de tubes vidés et scellés, mais d'ampoules non fermées, reliées à la trompe à mercure, et dans lesquelles on entretient pendant la pose le degré de vide convenable. Si les vues énoncées dans le texte sont exactes, ces avantages seraient encore bien plus marqués.

(2) C'est bien ainsi que la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES (30 janvier, p. 55, fig. 4) présente les choses. Mais, à dire vrai, l'inspection de la figure nous fait concevoir des doutes sur l'exactitude de la légende qui l'accompagne. On ne voit pas la moindre trace des chairs ni même des autres os avec lesquels le fémur est articulé. Ne serait-ce pas un fémur complètement isolé qui aurait été cathodographié ?

l'eût fait l'os normal. Un troisième objet fut un genou guéri d'une ostéoarthrite de nature tuberculeuse ; un quatrième, la cuisse d'un enfant de huit ans affectée d'une ostéite de la diaphyse fémorale.

En résumé, concluaient les auteurs, l'examen par la nouvelle lumière n'a apporté aucun renseignement resté inaperçu, — ils se devaient ce modeste témoignage ; — mais il a été de tous points conforme aux indications fournies par la clinique. Il confirmait en outre, dans un des malades, le fait de la disparition des cartilages, et montrait la nature fibreuse d'une ankylose, — ce qui avait été conjecturé.

Mais les rayons X ont fourni bientôt des renseignements où toute l'habilité du diagnostic se trouvait en défaut.

C'est ainsi que P. Delbet put découvrir et extraire, grâce à une cathodographie, une aiguille implantée dans la main. Des tentatives avaient été faites par d'autres chirurgiens pour la trouver et l'extraire, mais en vain. L'épreuve la montra au niveau du cinquième métacarpien.

Une autre épreuve permit au même chirurgien de préciser dans une main le siège d'une balle de revolver reçue il y a douze ans. Chose curieuse : on cherchait une balle, et on en trouva deux. La cathodographie montre que le projectile a rencontré le troisième métacarpien, s'est coupé sur lui de telle sorte qu'une moitié est restée contre cet os, tandis que l'autre a cheminé jusqu'à ce qu'elle fût arrêtée par le métacarpien suivant. *Aucun de ces fragments n'est perceptible à la palpation la plus attentive.* Supposons que, sans l'aide des rayons röntgéniens, on eût été à la recherche de cette balle : on se serait estimé fort heureux d'avoir trouvé un corps étranger. Il est bien probable qu'on n'eût pas songé à en chercher un second, le malade étant certain qu'un seul avait pénétré, et les accidents auraient pu persister comme avant l'opération (COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 726).

Ailleurs, dans un cas de fracture de la tête d'un os métacarpien, le diagnostic n'avait pu être sûrement établi à l'exploration ordinaire, à cause de l'œdème ; tandis que, sur la cathodographie, la fracture fut immédiatement évidente (Imbert et Bertin-Sans).

Zenger a présenté à l'Académie des sciences de Paris l'image d'une main atteinte de syringomyélie ou maladie de Morvan. Les premiers articles ont déjà disparu, coupés. On distingue la destruction progressive des os, les parties atteintes présentant une transparence plus grande (temps de pose 1 h. 30 m.).

H. W. Cattell, de l'Université de Pennsylvanie, dignostiqua le dédoublement d'un des os du carpe et des phalanges compliqué d'unions osseuses dans un cas de polydactylie.

Et s'il nous est permis de dire un mot des résultats obtenus par nous-même, nous avons cathodographié, en 20 minutes, le bras cassé il y a trois mois d'un jeune homme de quatorze ans. L'image, grâce à l'emploi d'un diaphragme, est très bonne (tube à 20 cm. de la plaque) ; elle montre clairement les soudures du radius et du cubitus.

Plus récemment, un jeune enfant de quatre ans, atteint de carie au second métacarpien, nous fut amené. Il devait être opéré le lendemain par MM. les docteurs Lebrun et Bibot, de Namur. Le tube fut mis à 20 cm. de la plaque et le diaphragme de 18 millimètres d'ouverture appliqué sur le tube. En six minutes de pose, nous obtînmes une très bonne image. Malgré l'œdème, on y reconnaît au premier coup d'œil l'os malade gonflé et plus opaque que ses congénères. En haut, vers le doigt, on voit, ouverte du côté du pouce, une forte échancrure, siège de la maladie. On y aperçoit même deux fissures sur les bords et l'on distingue la partie encore saine de l'os de celle que la carie a attaquée.

Tels ou tels détails guidèrent les chirurgiens dans l'opération qui fut faite le lendemain.

Laissant le périoste, qui reconstituera un nouvel os à la main malade, ils sectionnèrent l'os à la hauteur du cartilage de conjugaison et, en bas, au point indiqué par la cathodographie comme non encore attaqué, et enlevèrent le sequestre. Le pansement fut fait à l'iodoforme, un drain fut laissé dans la plaie et la main entourée d'un bandage d'au moins deux centimètres d'épaisseur.

Huit jours plus tard, l'enfant fut ramené au laboratoire, et une nouvelle cathodographie fut prise, comme nous nous proposons de le répéter un certain nombre de fois pendant la convalescence.

Le tube fut éloigné de 25 centimètres de la plaque, afin de prévenir l'effet de pénombre qui était à craindre, vu l'impossibilité où nous étions, en raison du bandage, d'appliquer la main de l'enfant directement sur le sachet de soie renfermant la plaque. Le diaphragme était de 18 millimètres d'ouverture. Nous donnâmes 15 minutes de pose.

L'objet était difficile. Naturellement l'image n'est pas comparable à la première. Néanmoins on distingue très bien les métacarpiens, les phalanges des doigts. Mais nous ne fûmes pas peu surpris de trouver l'os opéré absolument opaque. On reconnaît très bien la partie qui a été reséquée, mais pourquoi ce vide est-il si opaque? On n'avait laissé que le périoste, qui est fort transparent, et la formation calcareuse, si elle avait déjà commencé, devait être extrêmement peu avancée. Nous eûmes bientôt l'explication du fait.

La tache noire qui marque la place de l'os se continue vers le haut, irrégulière, et forme même un magma très-prononcé. C'est le drain ; mais il est en catgut ; il ne semble pas que cette substance doive être si opaque. — Non, sans doute, mais elle est imprégnée d'*iodoforme*.

Ce souvenir fut une lumière. L'iodoforme, en vertu de l'iode dont il est composé, est extrêmement opaque aux rayons X. C'est lui qui, plus haut sur la main, amassé en

un magma d'un noir intense, a teint de la même couleur le drain, et pénétrant toute la cavité du périoste a déterminé son étrange opacité.

Nous n'avions pas prévu cette circonstance. Mais nous en conclurons que, dans toutes les interventions chirurgicales où l'on voudra suivre la régénération de l'os au moyen de la cathodographie, il sera nécessaire d'éviter avec soin tout antiseptique dont la molécule renfermerait quelqu'un des corps que Meslans nous a indiqués comme donnant de l'opacité à leurs composés, et se resteindre à l'emploi de ceux qui, ne renfermant que du carbone uni à l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote, sont d'une grande transparence aux rayons X (1).

A cette occasion, nous avons fait, avec le R. P. Thirion, l'essai sommaire de la plus ou moins grande transparence de divers antiseptiques. L'iodoforme s'était montré fort opaque ; nous le prîmes comme terme de comparaison. Voici nos résultats :

Iodoforme : composants C, H, I. Opaque.
Sublimé corrosif : composants Hg, Cl. Opaque.
Dermatol : composants C, H, O, Bi. Opaque.
Permanganate de potassium : composants O, K, Mn. Opaque.
Phénol : composants : C, H, O. Assez transparent.
Tannin : composants C, H, O. Transparent.
Acide borique : composants Bo, O, H. »
Naphtaline : composants C, H. »
Naphtol α : composants C, H, O. »
Thymol : composants C, H, O. »
Salol : composants C, H, O. »

Il est évident que nous ne donnons qu'à titre d'exemples

(1) En général, vu les résultats annoncés par Bleunard et Labesse (Comptes rendus, 25 mars, pp. 725-726), il faudra, semble-t-il, éviter les composés renfermant un ou plusieurs éléments de poids atomique élevé.

ces quelques indications recueillies rapidement sur des des corps dont la valeur dans les pansements est très inégale.

Remarquons toutefois que, d'après Crinon (*Revue des médicaments nouveaux*, 4e édition, 1895, p. 356), le salol est fort usité en chirurgie pour le pansement des plaies, et les praticiens tendent à substituer son emploi à celui de l'iodoforme. Or, comme nous l'avons vu, il est transparent au rayonnement de Röntgen. Son utilité augmenterait d'autant.

Ainsi donc, confirmation d'un diagnostic chirurgical plus ou moins douteux dans les luxations et les fractures, établissement du diagnostic que les circonstances spéciales rendent difficile ou même impossible, vérification à travers les bandages du succès d'une intervention chirurgicale dans la réduction d'un os brisé, par exemple, surveillance de la régénération d'une partie osseuse reséquée : voilà ce que, telle qu'elle est, la cathodographie est capable de faire très parfaitement si l'on y apporte le soin convenable. N'est-ce pas déjà un champ suffisamment vaste d'applications infiniment utiles ? Et n'y a-t-il pas en cela seul de quoi exciter notre admiration et notre reconnaissance pour l'homme que cette étonnante découverte a fait un des bienfaiteurs de l'humanité ?

Mais l'on entrevoit mieux encore. Déjà Meslans nous fait remarquer que, les nerfs et le sang étant d'inégale transparence relativement aux muscles, on pourra sans doute arriver à les différencier d'avec ces derniers. Zenger a produit une photographie où l'on distingue les muscles moteurs. Bientôt, sans aucun doute, si ce n'est déjà fait, on atteindra les organes intérieurs. Que la chose soit possible en principe, ce qui précède le dit déjà ; mieux encore, nos photographies de grenouilles le montrent, sur une petite échelle, bien certainement, mais enfin elles établissent le *principe*. On y voit un commencement assez net de différenciation des divers organes. Le fait que la

cavité pectorale est fermée de tous côtés ne sera peut-être pas un obstacle : car on pourrait d'abord diriger le rayonnement à travers l'intervalle des côtes sur un seul des poumons, par exemple, de façon à ne rencontrer ni le sternum, ni la colonne vertébrale. Et puis, le procédé de Ch. Henry n'est-il pas ou ne deviendra-t-il pas applicable ici? Son sulfure phosphorescent ne pourrait-il pas atténuer assez bien les ombres des corps opaques qui enserrent la poitrine pour permettre d'obtenir celles du cœur, des poumons, etc.

Un ratelier, un objet métallique, pièce de monnaie ou autre, un tube dans une opération chirurgicale peuvent par accident passer dans le tract intestinal. Les rayons X pourraient peut-être les y localiser. Les calculs rénaux ou vésicaux pourraient être reconnus par la cathodographie.

On a énoncé le vœu de voir s'organiser dans les grandes villes un service de röntgénographie auquel les médecins et les chirurgiens pourraient envoyer leurs clients, tout comme ils les adressent au pharmacien pour la préparation des médicaments qu'ils leur prescrivent. Sous la direction des praticiens, on exécuterait la cathodographie de tel ou de tel membre lésé. Les grands hôpitaux, où sont amenées les victimes de tant d'accidents, devraient, eux aussi, avoir l'outillage nécessaire pour prendre sans délai les silhouettes röntgéniennes requises pour le diagnostic (H. W. Cattell, dans SCIENCE, March 1896).

Quel plus immense progrès encore, si la découverte d'Édison était confirmée et que la fluorescence des écrans pût vraiment remplacer la photographie, même dans les cas difficiles! Ce serait presque à découvert alors que l'on observerait les lésions internes de tous genres pour en diagnostiquer la nature, vérifier l'efficacité du traitement, suivre les progrès de la convalescence. C'est d'une main plus ferme et sûrement dirigée que le chirurgien appliquerait les merveilleuses ressources de son art. Que sais-je encore?

J'ai parfois entendu des personnes peu confiantes dans la clinique des maladies internes souhaiter plaisamment que nous eussions une petite fenêtre par où l'on pût regarder dans l'intérieur du corps. Ne sommes-nous pas sur le point d'avoir trouvé la lunette magique qui nous permettra de pénétrer ces secrets de la nature?

Il est difficile de conjecturer où aboutira le nouveau chemin ouvert par Röntgen à la science, et où tant de volontés énergiques et d'esprits ingénieux se sont engagés à sa suite.

Théories. — Mais si les rayons X projettent déjà tant de lumière dans mille cachettes jusqu'ici insondables, et nous en promettent de bien plus éclatantes encore dans un avenir prochain, qu'eux-mêmes, que leur nature intime est pleine d'obscurité et de mystère !

On l'a remarqué dix fois au cours de ce travail : des propositions même bien établies, semblait-il d'abord, se montrent vacillantes ; les résultats obtenus par les divers chercheurs sont contradictoires, de nouvelles propriétés énigmatiques apparaissent, les points d'interrogations surgissent partout.

Sur un terrain aussi mouvant, quelle théorie bâtir ?

On jette les fondements de plusieurs, ou plutôt on en esquisse le plan. Nous ne pourrons que les citer : leur exposé nécessiterait des développements disproportionnés avec la longueur de cet article.

Une première théorie est radicale : il y a bien ici de nouveaux phénomènes, mais non un nouvel agent. Tout s'explique — un peu vaguement, il est vrai, — par une sorte d'effluve électrique, d'induction. Il n'y a pas de rayonnement spécial.

Viennent ensuite deux théories positives.

L'une, qui recourt aux vibrations longitudinales de l'éther, ce remède des cas désespérés, comme les a appelées quelqu'un. L'apparition de cette théorie, qui renaît de

ses cendres à chaque nouveau mystère à expliquer, a été accueillie avec un léger sourire. Aujourd'hui l'on voit des noms grandement respectés dans la science la soutenir de leur autorité (Röntgen, Kelvin, Lodge, J.-J. Thomson).

La seconde, qui, elle aussi, compte des champions de valeur (Schuster, Lodge, Raveau), voit dans les rayons X des radiations transversales de période très courte, plus simplement des rayons ultra-violets. Déjà nous avons indiqué plusieurs analogies entre les rayons X et les rayons ultra-violets ordinaires. D'ailleurs la théorie prévoirait pour les vibrations extrêmement rapides les propriétés les plus saillantes des rayons X. Cette dernière remarque, due à C. Raveau, attirera facilement les sympathies à la théorie des *ultra-ultra-violets*.

Découvertes connexes de celle des rayons X. — Nous n'avons décrit dans les pages précédentes que la production des rayons X au moyen des tubes à vide. C'était le sujet que nous nous étions proposé de traiter.

L'apparition des rayons X donna l'impulsion à une foule de recherches des plus variées, et bientôt on vit surgir de nouveaux moyens de photographier au travers des corps opaques. Étaient-ce encore les rayons X eux-mêmes, ou une classe nouvelle de rayons X apparentés avec ceux de Röntgen, ou enfin un agent de nature toute différente ? Nous inclinons vers la seconde hypothèse. Voici brièvement les principaux faits.

On se rappelle les anciennes expériences de Latchinoff et Moniusko citées plus haut ; nous n'y revenons pas.

En janvier dernier, G. Moreau obtint la photographie d'objets métalliques à travers des corps opaques au moyen de la seule aigrette d'une bobine d'induction, sans tube de Crookes. Par une anomalie curieuse, l'aigrette des machines électrostatiques a été trouvée inactive.

Un peu plus tard, Ch. Henry, continuant ses expériences sur le sulfure de zinc phosphorescent, put vérifier, dans

un cas particulier, l'hypothèse suggestive émise par H. Poincaré dans son article sur les rayons X. « Ainsi, dit l'illustre physicien, c'est le verre qui émet les rayons Röntgen, et il les émet en devenant fluorescent. Ne peut-on alors se demander si tous les corps dont la fluorescence est suffisamment intense n'émettent pas, outre les rayons lumineux, des rayons X de Röntgen, *quelle que soit la cause de leur fluorescence ?* »

Henry trouva que le sulfure de zinc phosphorescent, impressionné par la lumière d'un ruban de magnésium pendant une seconde, et aussi par la lumière diffuse du jour pendant deux heures, fournissait des rayons traversant le papier noir comme les rayons Röntgen.

Il a même pu établir le principe d'un accumulateur de cette lumière. On sait que la chaleur précipite l'émission lumineuse des corps phosphorescents. Henry a eu l'idée que, réciproquement, les froids intenses doivent entraver cette émission, et l'expérience a pleinement confirmé cette induction. Il plonge dans un mélange réfrigérant à —79° un tube rempli de sulfure de zinc venant de subir l'illumination. La partie qui émerge perd sa lumière rapidement et plus ou moins complètement. Lorsqu'on retire le tube du mélange réfrigérant, la partie immergée a perdu tout éclat. Mais si l'équilibre de température se rétablit, cette partie redevient très brillante et l'émission de lumière s'opère. Il serait donc facile d'imaginer un dispositif permettant d'emmagasiner la lumière solaire et de la restituer à l'heure voulue.

G. H. Niewenglowski, Becquerel et Troost continuèrent la vérification de l'hypothèse de Poincaré sur diverses substances phosphorescentes ou fluorescentes (1). Ils

(1) Nous rappelons ici que les auteurs emploient indifféremment, au sujet des faits que nous rapportons, les dénominations de phosphorescence et de fluorescence, ou, tout au moins, que si chacun d'eux se borne à n'employer qu'un de ces deux termes, les uns diront *phosphorescence* où les autres parleront de *fluorescence*. Nous nous en autorisons pour dire l'un ou l'autre à volonté, et pour employer aussi le terme plus vague et par là-même plus exact, pour le moment, de *luminescence*.

trouvèrent dans plusieurs de ces substances des radiations invisibles capables de traverser les corps opaques. Nous ne rappellerons que les sels d'urane, étudiés par Becquerel, et la blende hexagonale artificielle observée d'abord par Troost.

Les nombreuses et très attentives recherches de Becquerel le conduisirent à un résultat tout à fait imprévu.

Il y a *indépendance absolue entre l'émission de ces nouvelles radiations invisibles et l'émission des radiations visibles par phosphorescence* (Becquerel, COMPTES RENDUS, 23 mars, p. 693, et 30 mars, p. 763).

Ainsi le sulfate double d'uranyle et de potassium perd sa phophorescence visible un centième de seconde après l'insolation, tandis que, plongé dans l'obscurité pendant plusieurs jours, il continue encore à émettre des radiations invisibles capables de traverser les corps opaques.

En outre, dans certaines substances, qui auront joui à un moment donné de cette nouvelle activité, la phosphorescence même très vive ne sera pas toujours nécessairement accompagnée de radiations invisibles. Des échantillons de sulfure de calcium et de blende hexagonale artificielle, d'abord très riches en radiations nouvelles, sont peu à peu devenus inertes. L'échauffement, l'insolation, les décharges électriques purent éveiller à nouveau et vivement leur phosphorescence ; les radiations invisibles restèrent éteintes.

Enfin, preuve suffisante à elle seule de l'indépendance annoncée, les sels uraneux qui ne sont pas phosphorescents émettent des radiations invisibles.

Ces faits pourraient peut-être jeter un certain doute sur l'*explication donnée par d'Arsonval aux expériences de G. Le Bon*. Ce dernier avait cru reconnaître, dans le flux lumineux d'une lampe à pétrole, l'existence de radiations actiniques susceptibles de traverser des plaques métalliques épaisses. Quelques expérimentateurs renouvelèrent

avec succès les expériences de Le Bon ; d'autres n'obtinrent aucun résultat.

D'Arsonval, comparant attentivement les conditions de ces divers essais, fit cette observation : il n'y avait eu d'impression photographique derrière l'écran métallique que là où, entre la source lumineuse et la plaque sensible, on avait intercalé une *lame de verre*. C'était cette dernière sans doute qui était la source des radiations invisibles.

Il soumit cette idée au contrôle de l'épreuve et de la contre-épreuve expérimentales et en vérifia l'exactitude. En opérant comme Aug. et Louis Lumière, c'est-à-dire en exposant aux rayons solaires une plaque sensible protégée par un écran métallique même très mince, il n'obtint aucune impression. Interposant ensuite entre la plaque métallique et les rayons solaires une lame de glace, il constata à la longue une faible impression de la plaque sensible.

Les meilleurs résultats furent donnés par les verres qui émettent une fluorescence jaune verdâtre sous la lumière de l'étincelle électrique. Les verres d'urane se montrèrent spécialement actifs.

De ces expériences et de quelques autres encore, d'Arsonval conclut d'abord que, dans les expériences de G. Le Bon, le verre avait agi par sa fluorescence ou par une propriété intimement unie à cette fluorescence ; plus généralement, que les corps fluorescents jouissent des propriétés des rayons X, conformément à l'hypothèse de H. Poincaré, et que, en fin de compte, le rôle des rayons cathodiques dans les expériences de Röntgen se bornait à exciter la fluorescence du verre spécial composant l'ampoule de Crookes.

Dans cette dernière affirmation, le savant académicien oubliait, peut-être, le résultat obtenu par Röntgen lui-même et rapporté plus haut : « Les rayons ne se produisent pas seulement dans le verre. Je les ai obtenus dans un appareil fermé par une lame d'aluminium de

2^{mm} d'épaisseur. » Il est vrai que cette fenêtre devient elle-même luminescente, dès qu'il s'est formé un peu d'alumine à sa surface (Guillaume, *Les Rayons X*, p. 67, note 1). Encore n'est-il pas démontré ni que la fenêtre d'aluminium de Röntgen fût oxydée, ni que la faible luminescence qu'elle aurait manifesté pût rendre compte du rendement en rayons X observé par Röntgen.

Puis, Becquerel, nous l'a dit, il y a radiations invisibles là où il n'y a pas luminescence. Enfin, il peut y avoir fluorescence tout contre la plaque sensible sans qu'il y ait impression, comme dans l'expérience du R. P. Thirion citée plus haut.

Il reste bien probable que l'effet obtenu par Le Bon doit être attribué au verre placé devant les plaques sensibles. Mais que ce soit la fluorescence du verre qui soit en action, ou une autre propriété connexe de la fluorescence, ou enfin une propriété indépendante de la fluorescence, nous ne savons.

On le voit, l'agent mystérieux des phénomènes nouveaux se dérobe, nous nargue malicieusement, et nous laisse ébahis à la vue de ses caprices. Tantôt il apparaît avec la luminescence, mais s'obstine à lui survivre. Puis, celle-là renaissant, il lui refuse sa compagnie. Enfin, il s'affectionne à des séjours dont la luminescence est bannie. Voilà bien les caractères de l'indépendance absolue.

Mais donnons encore quelques détails sur les propriétés qui lui ont été reconnues.

Les radiations émises par les sels d'uranium, — pour parler de ceux que Becquerel a spécialement étudiés, — semblent jouir d'un *pouvoir de pénétration très remarquable à l'égard de diverses substances* ; elles traversent la plupart des corps et, en particulier, les métaux, plus facilement que ne le fait le rayonnement Röntgen. Le platine et le cuivre, par exemple, ne leur sont pas aussi impénétrables qu'aux rayons X.

La loi de leur absorption en fonction de l'épaisseur des substances à traverser n'a pas encore été déterminée, que nous sachions.

Cela pourtant serait extrêmement intéressant à connaître au point de vue des applications. Et l'on souhaite d'autant plus vivement voir aborder cette question que Troost, en présentant la blende hexagonale artificielle, avait fondé sur son emploi les plus grandes espérances. Cette substance pourrait, pensait-il, remplacer dans les recherches médicales les tubes de Crookes, qui ont le grand défaut d'être coûteux — en France surtout — et d'un maniement délicat. Troost en effet avait réussi à obtenir, à l'aide d'un échantillon de blende, la silhouette d'objets de métal placés sur une plaque photographique dans une boîte de carton fermée. Le savant académicien insinuait que l'on pourrait fixer par un bandage convenable la blende ainsi que la plaque au gélatinobromure au membre à photographier. Pendant la pose, au lieu d'être réduit à une immobilité gênante, pénible même, le patient aurait pu circuler, se livrer à ses occupations ordinaires. C'était l'idéal à bon marché.

Il y avait bien un inconvénient dans ce fait, déjà signalé, que la blende de Troost peut perdre ses radiations invisibles ; mais il suffisait de lui substituer les sels d'urane qui, eux, sont remarquablement constants dans leur activité.

Il n'est pas probable que l'on soit resté jusqu'ici sans tenter aucun essai de photographie du squelette dans le vivant au moyen de ces substances, car Troost émit son projet à la séance du 9 mars de l'Académie des sciences de Paris. Le silence gardé jusqu'ici sur les résultats semblerait indiquer qu'ils n'ont pas réussi.

Au surplus, en présence des poses très réduites, qui suffisent aujourd'hui, grâce aux perfectionnements de Meslin, d'Imbert et Bertin-Sans, de Chappuis et de S. P. Thompson, pour obtenir des cathodographies, l'avan-

tage espéré par Troost a perdu une bonne partie de sa valeur.

Outre le passage à travers les corps opaques, *les radiations des sels d'urane* ont ceci de commun avec les rayons X qu'elles *déchargent les corps électrisés* (Becquerel).

Mait elles s'en écartent considérablement par plusieurs caractères très importants. Les radiations invisibles des sels d'urane *se réfléchissent* sur les surfaces métalliques et, dans le verre, *se réfractent* et se réfléchissent totalement. Enfin, Becquerel a mis en évidence leur *double réfraction* et, du même coup, la *polarisation* des deux rayons et leur inégale absorption au travers de la tourmaline.

Ces radiations invisibles sont donc constituées par des vibrations transversales, et, si l'hypothèse qui voit dans les rayons X aussi des vibrations transversales très rapides est la vraie, on pourrait penser avec quelque vraisemblance que ces radiations invisibles forment la transition entre les rayons X et les rayons ultra-violets ordinaires. La réflexion et la réfraction seraient une indication dans ce sens (Guillaume).

Mais, pour le moment, nous le répétons, à raison de la complexité des problèmes, vu les résultats parfois contradictoires obtenus par les observateurs, toute théorie est nécessairement hasardeuse. — Peut-être en sera-t-il ainsi longtemps encore.

Le premier travail qui s'impose est, certes, la définition exacte des conditions essentielles des divers phénomènes, leur classement, le départ de ceux qui appartiendraient de fait à un ou à deux nouveaux agents et de ceux qui viendraient d'ailleurs, par exemple du champ électrique ou électromagnétique créé par les tubes de Crookes.

Tout cela est encore confondu, et le chapitre des radiations invisibles de Röntgen ou de Becquerel est un peu à l'état chaotique.

Volontiers, à la vue du désarroi où se trouvent les

hommes de la science devant ces nouveaux et mystérieux phénomènes, je me représente Dieu s'adressant à Job et lui disant : « Dis-moi, connais-tu toutes choses ? Sais-tu quelles sont les voies de la lumière et où vraiment se trouvent les ténèbres ? » *Indica mihi si nosti omnia. In qua via lux habitet et tenebrarum quis locus sit* (38, 19, 20). Et plus d'une fois, au cours des progrès de la science, jetant un regard en arrière sur ses théories, hâtives les unes, les autres péniblement élaborées, le savant doit répondre avec Job : « J'ai parlé à la légère. » Devra-t-il aussi dire : « Je mettrai ma main sur ma bouche (pour m'imposer silence à moi-même) : j'ai dit une chose que je n'aurais pas dû dire, et une autre à laquelle je n'ajouterai rien » ?

Si sa science l'a rempli d'une vaine et superbe complaisance en lui-même et lui a fait oublier Dieu, le grand Sage et le grand Maître, s'élever même contre Lui et nier jusqu'à son existence, oh ! oui, que le savant se mette la main sur la bouche et rétracte ces écarts insensés : *Vani sunt homines in quibus non subest scientia Dei.* Mais après cet aveu plein d'une humilité qui l'exalte au lieu de l'abaisser, puisqu'elle est la vérité, qu'il se retourne encore vers ce monde que Dieu a livré à ses recherches, qu'à l'œuvre il sache reconnaître l'Artisan, admirer les perfections du Maître du monde, et dans la beauté et dans la magnificence de la créature adorer le Créateur. Voilà son rôle ! Combien, hélas ! l'oublient.

J. D. Lucas, S. J.

L'EXPÉDITION BELGE

PROJETÉE AUX

RÉGIONS ANTARCTIQUES (1)

Les voyages d'exploration si remarquables dont les régions polaires ont été le théâtre depuis quelques années, la gloire que se sont acquise les Nordenskjöld, les Nansen et les Peary, ont excité parmi les marins et les voyageurs une émulation qui a gagné la Belgique elle-même. Un jeune lieutenant de la marine de l'État, M. A. de Gerlache, a conçu le projet d'organiser et de diriger une expédition belge dans les mers antarctiques.

Ce projet a rencontré auprès de tous ceux qui s'intéressent au progrès des sciences géographiques un accueil des plus favorables, et plusieurs savants de mérite ont spontanément offert à l'expédition projetée leur concours actif et entièrement désintéressé.

Les lecteurs de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES liront sans nul doute avec intérêt quelques renseignements sur cette tentative courageuse. Ils trouveront dans les pages qui vont suivre un rapide exposé de l'état actuel de nos connaissances sur la région polaire australe; il

(1) Communication faite à la Société scientifique de Bruxelles, dans son assemblée générale du mardi 14 avril 1896.

Les cartes qui accompagnent cet article, grâce à l'obligeance de M. J. De Fief, ont paru dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ROYALE BELGE DE GÉOGRAPHIE, XXe année, n° 1, janvier-février 1896.

hommes de la science devant ces nouveaux et mystérieux phénomènes, je me représente Dieu s'adressant à Job et lui disant : « Dis-moi, connais-tu toutes choses ? Sais-tu quelles sont les voies de la lumière et où vraiment se trouvent les ténèbres ? » *Indica mihi si nosti omnia. In qua via lux habitet et tenebrarum quis locus sit* (38, 19, 20). Et plus d'une fois, au cours des progrès de la science, jetant un regard en arrière sur ses théories, hâtives les unes, les autres péniblement élaborées, le savant doit répondre avec Job : « J'ai parlé à la légère. » Devra-t-il aussi dire : « Je mettrai ma main sur ma bouche (pour m'imposer silence à moi-même) : j'ai dit une chose que je n'aurais pas dû dire, et une autre à laquelle je n'ajouterai rien » ?

Si sa science l'a rempli d'une vaine et superbe complaisance en lui-même et lui a fait oublier Dieu, le grand Sage et le grand Maître, s'élever même contre Lui et nier jusqu'à son existence, oh ! oui, que le savant se mette la main sur la bouche et rétracte ces écarts insensés : *Vani sunt homines in quibus non subest scientia Dei*. Mais après cet aveu plein d'une humilité qui l'exalte au lieu de l'abaisser, puisqu'elle est la vérité, qu'il se retourne encore vers ce monde que Dieu a livré à ses recherches, qu'à l'œuvre il sache reconnaître l'Artisan, admirer les perfections du Maître du monde, et dans la beauté et dans la magnificence de la créature adorer le Créateur. Voilà son rôle ! Combien, hélas ! l'oublient.

J. D. Lucas, S. J.

---

leur permettra de fixer dans leur esprit les limites qui séparent la zone déjà explorée de celle où l'expédition future pourra faire des découvertes. Ils y trouveront ensuite un court aperçu des caractères particuliers des contrées antarctiques et des difficultés exceptionnelles qu'y rencontre la navigation; enfin quelques détails sur l'organisation de l'expédition, le plan de campagne de son jeune chef, l'itinéraire qu'il se propose de suivre, les recherches auxquelles comptent se livrer les savants qui l'accompagnent.

Deux grands faits, deux circonstances capitales caractérisent, au point de vue géographique, l'hémisphère austral, et lui donnent, comparé à l'hémisphère boréal, des traits nettement distincts.

Le premier est l'existence, sous les latitudes correspondantes à celles qui traversent l'Europe septentrionale, d'un océan qui fait le tour entier du globe.

Les trois grandes masses continentales de l'hémisphère sud se terminent, au midi, par des pointes largement arrondies, à d'énormes distances du pôle. L'*Afrique* finit au *cap de Bonne-Espérance*, sous le 35e parallèle, à 6000 kilomètres du pôle. L'*Australie*, en négligeant la *Nouvelle-Zélande* et quelques petites terres insulaires, se termine avec la *Tasmanie*, à 5600 kilomètres de ce même point. L'*Amérique* enfin s'allonge jusqu'au *cap Horn*, situé sous le 56e parallèle, à 3800 kilomètres du centre de convergence de tous les méridiens.

Au delà de ce 56e parallèle roulent les vagues d'un océan *circumterrestre*, vaste ceinture enceignant la rotondité entière du globe, et qui, à l'endroit de son plus fort rétrécissement, entre le *cap Horn* et la *Terre de Graham*, mesure encore plus de 1100 kilomètres de largeur.

Le second trait essentiel de la région antarctique est l'existence presque certaine d'une vaste étendue de terres continentales, occupant la partie centrale de la calotte

polaire. Tous les navigateurs, en effet, aussi bien ceux partis de l'Australie que ceux descendus de la Patagonie, des îles du Pacifique ou de tout autre point de la circonférence terrestre, et qui, franchissant l'océan austral, se sont avancés droit au sud, ont été arrêtés dans la marche vers le pôle soit par des côtes, souvent hérissées de montagnes couvertes de neige, soit par des falaises de glace, indice révélateur du voisinage de vastes surfaces émergées.

Les terres reconnues jusqu'ici forment quatre massifs principaux, disposés sous le cercle polaire, tout autour de la sphère terrestre.

Le premier se compose des terres *Graham* et *Alexandre*, situées au sud du cap Horn. Elles ont été découvertes par le navigateur russe Bellinghausen en 1820, reconnues avec plus d'exactitude par le capitaine anglais John Biscoe en 1831, et explorées de nouveau, à plusieurs reprises, dans ces dernières années. Faut-il y voir la partie avancée d'un continent austral ? Ne sont-elles, au contraire, qu'un archipel prolongeant vers le sud les îles *Shetlands* ? Le problème est encore à résoudre. Toujours est-il que leur masse, d'abord compacte, s'étalant largement sur les cartes, se désagrège, se décompose de plus en plus, au fur et à mesure qu'on la connaît mieux, en îles et en terres dictinctes, séparées par une vaste ramification de détroits.

Un second groupe, situé au sud-est de l'Afrique, se compose des terres dites de *Kemp* et d'*Enderby*. Cette dernière a été aperçue, en 1831, par Biscoe, qui en a longé les contours sur une longueur de 185 kilomètres environ.

Un troisième groupe, plus étendu que les deux précédents, se rencontre au sud de l'Australie. Ce groupe, qui a reçu d'un navigateur américain le nom générique de *Terres de Wilkes*, se compose d'un long chapelet de côtes, pas très éloignées les unes des autres. Les principales sont la *Terre Sabrina* et l'*archipel Balleny*, aperçus

notamment par une expédition anglaise en 1839, peut-être par Wilkes en 1840, et les *Terres Clarie* et *Adélie* découvertes par Dumont d'Urville en cette même année 1840. Les découvertes futures nous apprendront vraisemblablement que toutes ces côtes, échelonnées sous le 65° degré, se rejoignent au sud des parties qui en ont été aperçues, et ne forment qu'un même ensemble continental.

Le quatrième et dernier massif actuellement connu, et que l'on rencontre au S.-E. du précédent, porte le nom de *Terre Victoria*. De tous c'est le plus considérable. Le capitaine James Ross, à qui revient l'honneur de sa découverte, en a relevé les rivages sur une longueur de plus de 400 kilomètres.

C'est une haute terre qui, à l'inverse des deux précédentes, orientées d'est en ouest, descend du nord au sud. Elles est couverte de montagnes entre lesquels s'allongent de formidables glaciers.

A la partie extrême atteinte par J. Ross s'élèvent deux volcans, les monts *Erebus* et *Terror*, dressant leurs cimes à plus de 3000 mètres d'altitude. Ils paraissent faire partie d'une longue chaîne volcanique qui commence aux îles Balleny et se rattache peut-être aux volcans de la Nouvelle-Zélande.

A l'exception de la Terre Victoria, située plus au sud, toutes les terres précédemment énumérées se rencontrent vers les 65° et 66° degrés, à peu près sous le cercle polaire. C'est aux mêmes latitudes que les navigateurs ont rencontré, en une foule de points, la banquise et les falaises de glace qui ont arrêté leur marche en avant.

Dumont d'Urville appelait banquise la croûte glacée formée par la congélation des eaux superficielles de l'océan. Cette croûte s'élève à 3 ou 4 mètres au-dessus du flot et se hérisse çà et là de proéminences dues probablement à la compression que subissent les champs de glace en se heurtant les uns les autres.

Les falaises de glace se présentent sous l'aspect de

murs verticaux, dressant leur arête, coupée à pic, à 25, 30 et parfois 50 mètres de hauteur. Les plus extraordinaires sont celles que J. Ross a rencontrées au S.-E. et à l'E. de la Terre Victoria, et qu'il a longées sur des centaines de kilomètres sans y rencontrer une seule brèche où il pût engager ses navires. Au pied d'une de ces falaises, la sonde n'a trouvé le fond que par 475 mètres d'eau.

Autant que les rares observations faites jusqu'à ce jour permettent d'en juger, ces barrières de glace ne sont autre chose que la glace de terre, lentement poussée vers la mer par la pression des masses plus ou moins inclinées qui reposent sur les surfaces terrestres émergées. Grâce à leur poid spécifique, elles s'avancent bien en dehors de la côte, même à 20 et 30 kilomètres, en continuant d'adhérer au fond rocheux. Il faudrait donc voir dans ces falaises le bord externe d'une Inlandsis colossale, recouvrant de son épaisse carapace tout l'intérieur d'un continent polaire.

Les fragments détachés des murailles de glace forment ces *icebergs* ou montagnes flottantes qui, dans les mers australes plus encore peut-être que dans les mers boréales, sont le grand obstacle à la navigation. Sous l'action de la pesanteur, les falaises se rompent brusquement par grandes cassures planes, ce qui explique la perpendicularité que conservent ces barrières. Les blocs ainsi formés affectent des formes droites, tabulaires, presque géométriques, remarquables surtout quand on les rencontre dans le voisinage de leurs lieux de formation, et qui sont caractéristiques des icebergs de l'hémisphère austral quand on les compare à ceux des mers grönlandaises. Poussés par les vents et les courants, ces blocs gigantesques s'avancent vers le nord. A mesure qu'ils s'éloignent du pôle, ils s'altèrent sous l'action des flots, des intempéries et d'une température plus élevée, fondent par place, perdent la régularité première de leur structure, se creusent de cavernes pro-

fondes, se découpent en ogives, s'effilent en tourelles élancées, et le marin qui les rencontre peut lire dans leurs formes capricieuses la longueur de leur course et les vicissitudes de leur voyage.

Les glaces flottantes des régions antarctiques dépassent par leurs dimensions les icebergs débités par les glaciers du Grönland. L'expédition du *Challenger* (1874) en a observé plusieurs qui atteignaient 75 mètres de hauteur. Le célèbre Cook en vit un qui se dressait à plus de 100 mètres. Enfin Wilkes assure en avoir mesuré un autre qui avait 130 mètres. Leurs dimensions en longueur sont peut-être plus extraordinaires encore. Au voisinage des points de rupture, les blocs ont souvent 10 kilomètres de long. Quand on se rappelle que la partie immergée de ces géants, dressant leur cime blanche à 100 mètres de hauteur, est cinq fois plus volumineuse que la partie à sec, on se rend aisément compte de l'effroyable puissance de ces masses.

Effrayantes par leur taille, elles sont plus redoutables encore par leur nombre. Parfois la mer en est comme encombrée. Dans l'horizon qu'il pouvait embrasser du haut de ses huniers, J. Ross, un jour, put en compter jusqu'à 97. Au cours de ses deux longues campagnes, Cook en a vu défiler des centaines et des milliers. Le spectacle de cette multitude innombrable de monstres errants, croisant en tous sens autour du pôle, pareils à une flotte fantastique qui en garderait les approches, a fait sur l'âme de ce marin, pourtant intrépide entre tous, une impression qui se décèle dans les lignes suivantes, tirées de son journal : « Le danger qu'on court à reconnaître une côte dans ces mers inconnues et glacées est si grand, que j'ose dire que personne ne se hasardera à aller plus loin que moi, et que les terres qui peuvent être au sud ne seront jamais reconnues. Il faut affronter les brumes épaisses, les ondées de neige, les froids aigus, et tout ce qui peut rendre la navigation dangereuse. L'aspect des côtes est

plus horrible qu'on ne peut l'imaginer, Ce pays est condamné par la nature à rester enseveli dans les glaces et les neiges éternelles. »

La zone de parcours des glaces flottantes est beaucoup plus étendue dans l'hémisphère austral que dans le nôtre. Tandis que les icebergs venus de l'océan Glacial ne descendent que rarement au delà du quarantième parallèle au large de la côte américaine, qu'on n'en rencontre plus une fois dépassé le 70° degré dans la direction de l'Europe et que, notamment, on n'en voit jamais sur les côtes atlantiques de la Norvège, ceux des mers australes remontent jusqu'à la côte d'Afrique. Il n'est pas rare d'en voir passer au large du cap de Bonne-Espérance, par 35°, latitude correspondante à celle du Maroc dans notre hémisphère.

En résumé, l'hémisphère austral est approximativement connu sur tout son pourtour jusqu'au cercle polaire ; celui-ci a été atteint en un grand nombre de points et l'on y a reconnu la présence soit de terres émergées, soit de barrières de glace barrant le passage aux navigateurs. En deux endroits seulement ce cercle a été notablement dépassé :

1° Par Weddell, en 1823. Ce capitaine baleinier s'est avancé jusqu'à 74° 15′, dans une mer qui s'étend à l'est de la Terre de Graham et à laquelle il a donné le nom de *mer du roi Georges IV*.

2° Par J. Ross. Ce dernier s'avança dans la mer qui borde la Terre Victoria à l'orient jusqu'à 78° 9′ 30″ de latitude méridionale. C'était le 24 février 1842. Ce point est le plus rapproché du pôle qu'aucun explorateur eût atteint jusqu'alors, et nul ne l'a dépassé depuis.

Les données rappelées ci-dessus permettent-elles d'affirmer l'existence d'un continent austral ? Si cette existence n'est pas jusqu'ici démontrée, elle est cependant très probable. Tout au moins peut-on affirmer avec certitude la présence dans la zone polaire, sinon d'un véritable

continent, tout au moins de terres d'une très vaste étendue. Les falaises de glaces rencontrées en tant d'endroits et se prolongeant sur de si longues distances, la multitude d'icebergs qu'elles débitent, preuve de la rapidité de leur mouvement de progression, en sont des témoignages plus probants encore que les nombreuses côtes signalées jusqu'ici. Les découvertes successives n'ont fait sur ce sujet que confirmer le jugement qu'avec une sagacité singulière Cook formulait déjà en 1774 : « Je crois fermement qu'il y a près du pôle une étendue de terre où se forment la plupart des glaces répandues dans le vaste océan méridional ; je crois que les glaces ne se prolongeraient pas si loin vers la mer de l'Inde et l'océan Atlantique, s'il n'y avait point au sud une terre d'une étendue considérable. »

Sauf l'expédition du Challenger, qui n'a pas dépassé le 67e degré, aucune expédition d'un caractère vraiment scientifique ou ayant l'exploration pour fin directe et principale n'a eu lieu dans les régions antarctiques depuis les mémorables croisières de J. Ross (1839-43). Ces mers n'ont plus été fréquentées que par des baleiniers, surtout écossais et norvégiens.

Parfois des savants, tel M. Borschgrevinck en 1894, sont montés à bord de ces bateaux et, malgré l'insuffisance de leurs appareils et bien que les nécessités de la chasse aux phoques et aux balénoptères contrariassent leurs recherches en leur interdisant les observations régulières, plusieurs d'entre eux ont rapporté des collections et des photographies intéressantes, attestant qu'une expédition organisée et outillée en vue des recherches scientifiques rapporterait une ample moisson et obtiendrait des résultats importants.

Il ne faut pas oublier que, depuis les temps où J. Ross fit ses voyages, l'horizon scientifique s'est beaucoup élargi. Il est une foule de questions dont l'explorateur anglais et ses compagnons ne se préoccupaient guère et qui sont

aujourd'hui l'objet d'études incessantes. Telles sont plusieurs des branches qui se rattachent à l'hydrographie marine : profondeur des océans, composition du sol sous-marin atteint au moyen de dragages ; plusieurs de celles qui se rattachent à la météorologie, à la physique du globe, à la géologie : l'étude du magnétisme terrestre, de l'électricité atmosphérique, de la composition des roches des terres australes, qui permettrait d'établir les relations qu'elles ont pu avoir dans le passé avec d'autres continents.

On voit donc que la zone antarctique n'est pas seulement un vaste champ où il reste pour l'explorateur de nombreuses découvertes à faire, mais que les régions déjà parcourues elles-mêmes sont aussi une contrée neuve à bien des égards, parce que les voyageurs contemporains pourront y observer, pour la première fois, une foule de faits qui n'ont pas attiré l'attention de leurs prédécesseurs d'il y a cinquante ans.

Pour l'exécution de son entreprise, M. de Gerlache a acheté en Norwège, pour fr. 70 000, un baleinier auquel il a donné le nom de « *Belgica* ». Dans une intéressante notice sur la future expédition, parue dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ROYALE BELGE DE GÉOGRAPHIE et à laquelle sont empruntés la plupart des détails qui vont suivre, M. Du Fief nous rappelle que, dans la construction de ces baleiniers, tout est combiné en vue de la navigation dans les mers polaires. « Leur membrure, dit-il, tout en chêne, et d'une solidité extrême, offre une résistance considérable aux pressions extérieures. Le doublage en cuivre, dont sont généralement garnis les navires en bois, est remplacé ici par une doublure en *green heart* qui recouvre la coque sur toutes les parties exposées aux frictions des glaces. Enfin la cale est complètement remplie de réservoirs en tôle qui, au départ, servent à arrimer le charbon et qui, par leur disposition à l'intérieur du navire, augmentent encore la résistance de celui-ci.

« Les baleiniers sont des navires généralement gréés en

trois-mâts-barque ; ils sont bons voiliers et ne se servent de la machine auxiliaire dont ils sont pourvus que dans les calmes ou les vents contraires. Ils n'ont d'ailleurs sous vapeur qu'une vitesse très modérée, en sorte que la consommation de charbon est des plus minimes et qu'ils peuvent ainsi emporter du combustible pour une longue campagne. »

Les modifications rendues nécessaires à l'aménagement intérieur du navire par sa nouvelle destination : établissement de nouvelles cabines, d'un laboratoire, d'une chambre noire, etc., coûteront de 20 000 à 25 000 fr., ce qui mettra à moins de 100 000 fr. le coût total du bâtiment.

Le matériel embarqué comprendra tous les engins nécessaires à la pêche à la surface et aux grandes profondeurs : chaluts, dragues, filets de toutes espèces. Il comprendra, en outre, les instruments destinés aux observations météorologiques, magnétiques, hydrographiques, enfin les appareils de photographie les plus perfectionnés.

Le chef de l'expédition se propose également, si les ressources réunies le lui permettent, de faire l'acquisition d'un ballon. Ce ballon serait gonflé à bord par les temps calmes ; il serait captif et pourrait s'élever à plusieurs centaines de mètres au-dessus du navire. L'observateur placé dans la nacelle aurait, pour reconnaître les terres lointaines, découvrir les passages ouverts entre les glaces, signaler l'approche des banquises, un avantage énorme sur ses devanciers. Cette innovation pourrait rendre à l'exploration des services signalés en permettant de voir le pays par-dessus les falaises de glace dressées verticalement à 25 et 30 mètres de hauteur et qui si fréquemment barrent toute vue aux marins.

Le personnel de l'expédition se composera, en outre du capitaine et de ses deux lieutenants, de cinq jeunes savants, qui tous déjà se sont fait connaître par leurs travaux : un météorologiste, un astronome, un hydrographe, un chimiste-géologue et un médecin-naturaliste.

L'équipage, comprenant vingt-deux hommes, a été recruté parmi ces marins norvégiens rompus aux difficultés et aux périls de la navigation dans les mers polaires. Presque tous se sont déjà trouvés en relation avec M. de Gerlache lors de la croisière qu'il a faite au Spitzberg l'année dernière.

Les frais généraux de l'expédition ont été calculés sur le pied de 250 000 francs. Ce chiffre a pu être réduit à ces proportions relativement modiques, grâce à cette circonstance que l'organisateur du voyage et les savants qui l'accompagnent apportent à l'entreprise un concours entièrement désintéressé. Aucun d'eux ne recevra ni traitement, ni indemnité.

Dans l'état actuel des prévisions, l'expédition quittera la Belgique vers le 1er septembre prochain pour se diriger, en faisant escale aux Canaries, au Brésil et à la Plata, vers les îles Falkland ou le détroit de Magellan, de manière à s'engager vers le 15 novembre, au début de la saison favorable, dans la région antarctique. Les explorateurs s'efforceront de pénétrer à l'est de la Terre de Graham dans la mer du roi Georges IV et, s'ils réussissent, ils gagneront dans le sud le plus loin possible. Ils comptent, au retour de la mauvaise saison, remonter vers le nord et relâcher quelques semaines à Melbourne pour s'y ravitailler, ensuite entreprendre une croisière de cinq ou six mois dans le Pacifique ; puis, le printemps austral venu, ils se dirigeront vers la Terre Victoria et la mer qui baigne cette terre à l'est.

La détermination de l'emplacement exact occupé par le pôle magnétique austral sera un des principaux objets de cette seconde campagne. La position de ce pôle n'est connue que par des calculs approximatifs. J. Ross estimait qu'il devait se trouver par 76° de latitude et 143° de longitude E., dans l'intérieur de la Terre Victoria, à quelques centaines de kilomètres au N.-W. des monts Erebus et Terror. Le lieutenant de Gerlache s'efforcera

d'atteindre ce point en faisant usage de *skis* ou patins à neige.

En terminant cette brève notice, il me reste à féliciter M. le lieutenant de Gerlache de sa courageuse initiative et à lui souhaiter bonne chance. Un certain bonheur, les circonstances favorables, les occasions propices sont, dans les mers australes plus que partout ailleurs, des conditions indispensables du succès. Quelles que soient sa ténacité et sa vaillance, nulle part l'homme n'y est au même degré le prisonnier des circonstances, et nulle part celles-ci ne sont plus changeantes.

Tel qui s'était heurté à des montagnes de glace sans nombre, fermant toute issue, est tout étonné de rencontrer au même endroit, quelques semaines plus tard, la mer libre à perte de vue. Souhaitons que l'expédition belge rencontre quelqu'une de ces occasions propices ; si elle a cette bonne fortune, nul doute qu'elle ne la mette à profit.

J. DE LA VALLÉE POUSSIN.

HUXLEY ET M. DE VARIGNY

Les appréciations de M. de Varigny sur Huxley, dans les numéros du 11 et du 18 janvier 1896 de la REVUE SCIENTIFIQUE, sont fort concordantes avec celles que nous avons émises nous-même dans le fascicule d'octobre 1895 de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Nous nous en félicitons.

Nous sommes heureux de pouvoir relever encore, dans les articles de M. de Varigny, certaines affirmations philosophiques ou religieuses que nous signerions bien volontiers et qui ne sont pas monnaie courante dans la *Revue rose*. « Il n'est aucun de nous, dit l'auteur de l'article, qui n'ait quelque dogme » dans l'ordre religieux (1). « Le matérialisme et l'athéisme sont des actes de foi, » ni l'un ni l'autre « ne sont susceptibles d'une démonstration capable de satisfaire un esprit tant soit peu critique et capable de discerner les preuves scientifiques. Il n'est pas d'esprit réellement scientifique qui puisse accepter les croyances matérialistes et athées (2). »

« A l'heure actuelle, le fait que l'homme a une origine animale » n'est pas « prouvé », n'est pas « un fait démontré (3). » « Grâce à la plus triste comme à la plus encourageante des expériences, l'homme sait, à n'en pouvoir douter, qu'il est en son pouvoir de répandre à volonté autour de lui la douleur, la souffrance, la mort, ou bien la

(1) P. 74.
(2) Ibid.
(3) P. 73.

joie, la consolation, le soulagement, et, en présence de la tragédie qui se joue autour de lui, à toute heure, sa conscience ne peut hésiter à lui dicter le parti à prendre ; il ne peut hésiter entre les deux voies qui s'offrent à lui. Il faudrait qu'il fût bien bas pour se résoudre autrement. La conséquence est qu'en définitive l'homme s'élève contre la loi de nature, la déclare haïssable, en rejette le joug, et à celle-ci, dans ses relations avec ses semblables et en partie avec les autres êtres, substitue une loi nouvelle. A l'égoïsme, loi de la nature, il substitue l'altruisme, loi de conscience (1). »

Il tempère, il est vrai, ces affirmations qui me font plaisir par d'autres qui cadrent mieux avec le ton ordinaire de la REVUE SCIENTIFIQUE. Si, moins agnostique que Huxley, il semble reconnaître la nécessité morale d'une religion fondée sur des dogmes, s'il veut que « la science conserve » vis-à-vis de la foi « un respectueux silence », s'il ne juge pas fort « utile de détruire une foi où beaucoup trouvent le repos », s'il distingue entre « les théologiens » et la religion (2), permettant de courir sus à ceux-là, mais voulant qu'on respecte celle-ci, il n'en est pas moins vrai qu'il ne reconnaît pas à la foi des bases bien solides et qu'il l'accepte non pour sa vérité, mais pour son utilité.

A mon avis, la science même a à se plaindre de M. de Varigny. « Aux questions, dit-il, que chaque homme se pose dans le plus profond de son âme, sur ce qu'il est, sur son origine, sur sa destinée, sur le sens de la vie, il n'est point de réponse pleinement satisfaisante basée sur la science ; celle-ci n'en peut connaître ; l'interroger est inutile ; à elle, il est imprudent de répondre ; elle est incompétente, et son jugement doit être d'avance récusé (3). »

Si par l'expression « pleinement satisfaisante » vous

(1) P. 73.
(2) P. 75.
(3) Ibid.

entendez une connaissance complète et adéquate, la science certes ne nous satisfera pas. Mais s'il s'agit de la conduite de votre vie, la raison sans la foi peut vous donner une réponse pleinement satisfaisante sur les questions nécessaires. Et M. de Varigny, par des aveux dénués d'artifice, montre qu'il est plus instruit sur tous ces points qu'il ne veut le confesser explicitement. Il sait qu'il a « *une âme* au plus profond de laquelle il se pose ces questions » importantes ; il a « *une conscience* suivant laquelle il doit agir » ; il sait qu'il peut « *à volonté* » répandre autour de lui la joie ou la douleur.

M. de Varigny se calomnie donc un peu lui-même. Je lui en veux, et je lui en veux aussi parce qu'à ce point de vue il a fait tort à mon ancien maître.

Certes, il dit que Huxley ne fut pas matérialiste, mais seulement agnostique. Cela aurait cependant demandé un mot d'explication. La position de Huxley est bien moins simple qu'elle ne pourrait le paraître aux lecteurs de M. de Varigny. Si celui-ci avait voulu citer certaine « *Lecture* » publiée il y a dix-sept ans par la REVUE SCIENTIFIQUE, dont il est un collaborateur assidu, on aurait vu que Huxley était loin de tenir la balance égale entre le matérialisme et le spiritualisme, et qu'il était spiritualiste dans l'acception ordinaire du mot.

Le débat entre les matérialistes et les spiritualistes porte sur l'existence de phénomènes différents des phénomènes matériels. Existe-t-il, oui ou non, dans l'homme des phénomènes qui ont des caractères essentiellement distincts de ceux que présente la nature extérieure ? Cette question est nettement tranchée dans le sens affirmatif par Huxley dans le passage visé plus haut et rapporté dans notre article du mois d'octobre. Et il va même, tellement il est spiritualiste, jusqu'à soutenir que les phénomènes spirituels sont ceux qui sont connus avec le plus de certitude.

Le doute de Huxley se rapportait à quelque chose de

plus raffiné et qui n'avantageait ni la matière ni l'esprit.

En dehors des phénomènes soit matériels, soit spirituels, il se demandait s'il existait une substance supportant les phénomènes ? Y avait-il des corps, y avait-il des âmes ? C'est là ce qu'il prétend ne pas savoir, mais il a soin d'ajouter que s'il y a des corps, il doit y avoir bien plus certainement des âmes.

C'est cette attitude de Huxley que je tenais à faire ressortir dans cette note. Si je regrette qu'il ait fait fausse route dans une question aussi essentielle que celle de la substance, son erreur, fruit d'une tension exagérée de l'esprit, présente, à mes yeux, un caractère moins odieux que la cécité intellectuelle portée au point de ne pas savoir distinguer un acte de la raison d'avec un mouvement de la matière.

GUILL. HAHN, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I.

Cours de chemins de fer, professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Bricka, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (ouvrage faisant partie de l'*Encyclopédie Lechalas*), tome II (1). — Paris, Gauthier-Villars, 1894.

Nous ne reviendrons pas ici sur ce que, à propos du tome I, nous avons dit de l'esprit dans lequel est conçu le présent ouvrage. Le lecteur voudra bien toutefois se rappeler qu'il s'agit d'un traité didactique destiné avant tout à dégager de la science si vaste et si multiple des chemins de fer les idées générales qui doivent servir de fondement à l'instruction des ingénieurs.

C'est dire que l'auteur ne s'attarde pas à entrer dans le détail de chacune des spécialités qui se rencontrent dans l'industrie dont il s'occupe, mais s'applique à mettre en lumière pour chacune d'elles l'ensemble des notions essentielles que sont tenus de posséder ceux qui, à un titre quelconque, sont appelés à prendre part à la gestion d'une entreprise de chemins de fer.

Ce caractère s'affirme particulièrement dans la troisième partie, relative au *Matériel roulant* et à la *Traction*. C'est bien là une de ces spécialités aux détails desquelles n'ont besoin d'être initiés que ceux qui en sont directement chargés, et cela bien plutôt par la pratique journalière que par l'étude faite dans des livres. Il n'en est pas moins vrai qu'à cette spécialité se rattachent nombre de notions sans la connaissance desquelles on ne saurait songer ni à exploiter ni même à construire rationnelle-

(1) Le compte rendu du tome I a paru dans la livraison de juillet 1894 de la Revue des questions scientifiques. Bien que le tome II l'ait suivi à quelques mois d'intervalle, diverses circonstances nous ont empêché jusqu'à ce jour d'en rédiger le compte rendu.

ment un réseau de voies ferrées. C'est à ces notions générales que M. Bricka borne son exposé, qui forme d'ailleurs, à ce point de vue particulier, un ensemble très complet en même temps que d'une parfaite netteté.

Le chapitre XI, *Matériel roulant,* comprend la description des éléments essentiels des voitures, wagons et machines. Il faut y signaler les considérations générales relatives à la locomotive.

Dans le chapitre XII, qui traite de la *Résistance des trains à la traction,* se trouvent analysées les intéressantes recherches de M. Desdouits fondées sur la substitution de la méthode des accélérations à celle du dynamomètre. Cette substitution a eu pour effet de permettre de suivre toutes les variations du phénomène de la résistance et de démêler la part revenant à chacune des influences qui y interviennent.

Le chapitre XIII, *Marche des trains,* résume en quelques pages les données relatives à l'utilisation des machines en vue de la meilleure exploitation.

Le chapite XIV est relatif aux *Freins.* On sait quelle est la multiplicité des dispositions proposées pour ces appareils. L'auteur, fidèle à son programme, ne se laisse pas égarer dans les détails et se contente d'exposer les principes généraux d'où dérivent les divers types usités en pratique. Cet exposé est, d'ailleurs, pour l'heure actuelle, parfaitement à jour.

Le chapitre XV concerne les *Installations nécessaires pour les services de traction* (alimentations d'eau ; remisage et accessoires). C'est un point que l'auteur avait réservé lorsqu'il avait examiné, dans le tome I, les constructions accessoires des gares ; et, de fait, il est beaucoup plus logique de s'occuper des installations destinées au service de la traction lorsqu'on a pu apprécier les besoins de ce service.

Les quatre chapitres suivants formant la quatrième partie se rapportent à l'*Exploitation technique,* c'est-à-dire à " la branche de l'exploitation qui concerne le service proprement dit, abstraction faite de la rémunération à en retirer „.

Le chapitre XVI traite du *Mouvement.* Après avoir défini les diverses espèces de trains, l'auteur fait connaître les règles d'ordre et de sécurité applicables à leur circulation. Le point incomparablement le plus saillant à signaler dans ce chapitre est l'exposé très détaillé qui y est fait du block-system, le plus complet, sans doute, qui ait été publié jusqu'à ce jour. Cet exposé vient très heureusement combler une lacune de la littérature technique, non seulement en France, mais peut-être même à

l'étranger. Bien que l'emploi de ce système tende de plus en plus à se généraliser, on remarque encore à son endroit, dans les idées de certains ingénieurs, un défaut de netteté que le présent exposé ne saurait manquer de dissiper. M. Bricka ne s'interdit pas d'ailleurs d'exercer sa critique sur ce sujet. Il se montre nettement partisan du block-system à voie fermée, tel qu'il se pratique en Angleterre, et qui assure incontestablement le maximum de sécurité.

L'étude relative à la capacité des lignes est fort intéressante, mais l'autorité que M. Bricka s'est acquise par ses fonctions de chef de l'exploitation des chemins de fer de l'État lui aurait permis de la traiter sans doute avec plus d'ampleur. On doit souhaiter de voir l'auteur la développer davantage dans une future édition.

En ce qui concerne le service des voyageurs et celui des marchandises, il faut noter le soin particulier avec lequel l'auteur fait ressortir les mesures spécialement applicables à l'exploitation des lignes de faible importance, mesures qui répondent à des besoins relativement nouveaux.

Dans le chapitre XVII est examiné l'*Aménagement des gares, stations et dépendances*, dont l'étude se trouve ainsi, très logiquement à notre avis, reportée après celle du mouvement et du trafic. Le sujet ne laisse pas d'être assez délicat à traiter, en ce sens qu'il faut résister à la tentation d'ériger des règles générales là où, à la vérité, ne se posent guère que des questions d'espèce. M. Bricka a su très heureusement éviter cet écueil. Il indique très nettement les exigences auxquelles il s'agit de satisfaire, cite les solutions qui ont été adoptées dans divers cas particuliers et où, le cas échéant, on pourra venir puiser d'utiles inspirations, mais se garde bien de donner à ses remarques critiques une forme dogmatique. « En fait de plans de gare, dit-il très justement, il faut bien connaître les avantages et les inconvénients des diverses dispositions en usage ; mais il ne faut pas avoir de types arrêtés, et surtout il faut se garder des idées absolues qui conduisent le plus souvent à des erreurs. »

Tout opposé est le caractère du chapitre XVIII, *Organisation des gares et bifurcations au point de vue de la sécurité*. Autant, dans l'ordre de questions précédent, le choix des solutions offre d'aléa, autant, ici, il peut être soumis à des règles rigoureuses. Il convient d'ajouter qu'en nulle autre partie de l'ouvrage la contribution personnelle de l'auteur au sujet traité n'apparaît avec plus de relief.

Le chapitre débute par les principes généraux régissant l'emploi des signaux dans les gares, principes qui n'avaient peut-être pas, au point de vue didactique, encore été dégagés avec cette netteté. Vient ensuite la question capitale des enclenchements qui, depuis quelques années, a pris une importance prépondérante. On sait avec quelle complication elle se présente *à priori*, et ce n'est pas un mince honneur pour M. Bricka que d'avoir su, à la lumière d'une méthode purement rationnelle, la démêler complètement et réduire sa solution à des règles pratiques dont l'application est infaillible. Les principes théoriques sur lesquels repose cette méthode ont été donnés dans le tome I. L'auteur en fait ici l'application aux diverses catégories dans lesquelles il a rangé les enclenchements (enclenchements de direction, de continuité, de circulation, de protection), et déduit de là les moyens pratiques de réaliser ces enclenchements.

La méthode de M. Bricka permet d'étudier ou de vérifier les enclenchements d'une gare quelconque *sans tâtonnement*, en écartant la possibilité de toute erreur autre qu'une erreur purement matérielle, et en réalisant toutes les simplifications compatibles avec les mouvements à prévoir dans la gare.

Cette méthode a permis en outre à l'auteur de démontrer rigoureusement l'identité théorique du système des signaux à leviers multiples et de celui des leviers directeurs avec le système des enclenchements directs.

Le chapitre XIX contient l'analyse des principales causes des *Accidents de chemin de fer*, ainsi que l'indication des mesures propres à les prévenir. Ce chapitre présente un intérêt tout particulier pour les ingénieurs des services de contrôle.

Ici se termine la partie technique du cours. La cinquième et dernière partie, qui occupe près de la moitié du tome II, a pour titre : *Les chemins de fer considérés au point de vue financier.*

Elle débute par le chapitre XX : *Exploitation commerciale.* M. Bricka s'élève tout d'abord contre l'idée qui tend à assimiler les transports par chemins de fer à un commerce ordinaire et à faire dépendre leur tarification de la loi de l'offre et de la demande. Il y voit au contraire un service public pour l'accomplissement duquel l'intervention de l'État est indispensable. Les nations les plus réfractaires à cette manière de voir, comme l'Angleterre et les États-Unis, après avoir reconnu les inconvénients de la libre concurrence, en sont venues à admettre le principe d'une certaine règlementation. "... Par exploitation

commerciale des chemins de fer, dit M. Bricka, il faut entendre l'application aux transports non des règles ordinaires du commerce, mais de règles spéciales auxquelles ont conduit l'expérience et la conciliation des intérêts en jeu. Ces règles sont loin d'être uniformes; mais il existe, en fait de tarification, des principes généraux dont l'étude peut faciliter dans une large mesure l'examen des questions qui s'y rapportent. „

Après avoir indiqué les bases d'établissement des tarifs, donné leur classification et fait connaître les détails de leur application, M. Bricka aborde la délicate question de leur abaissement. Sur ce point, sujet à controverse, il prend nettement parti contre la thèse en vertu de laquelle les abaissements de tarifs ne sauraient être obtenus que par voie de tarifs spéciaux ou de prix fermes. Il présente ensuite un tableau très complet des bases de tarification admises pour les voyageurs et pour les marchandises tant en France que dans les autres pays, et insiste notamment sur les curieuses réformes accomplies à ce point de vue en Hongrie, en Autriche et en Roumanie, en 1889 et 1890.

Dans les chapitres XXI et XXII, M. Bricka se livre à une analyse détaillée des *Dépenses de construction* et des *Dépenses d'exploitation des chemins de fer*. Il met le lecteur en garde contre les conclusions erronées déduites de rapprochements entre des données de statistiques qui ne sont pas comparables. C'est ainsi, par exemple, que, dans leurs évaluations, les compagnies omettent de signaler les subventions en argent ou en terrains qui ont pu leur être allouées. En revanche, elles y font figurer les intérêts du capital pendant la construction, élément dont, à son point de vue, l'État n'a pas à tenir compte.

Dans certains cas, le prix du matériel roulant est joint aux dépenses de construction proprement dites, dans d'autres, non. Mais là où l'aléa s'accuse encore davantage, c'est dans le cas de l'embranchement d'une ligne nouvelle sur une ligne ancienne, le raccordement nécessitant des remaniements parfois considérables qui, intéressant à la fois l'une et l'autre lignes, peuvent donner lieu aux ventilations les plus arbitraires.

On peut toutefois, à titre d'observation générale, dégager de l'ensemble des comparaisons qui ont été faites jusqu'à ce jour cette conclusion, à savoir que, pour une même région, bien qu'on construise aujourd'hui plus économiquement, le prix moyen kilométrique est resté à peu près le même qu'à l'époque de l'ouverture du premier réseau. La compensation à la diminution des prix unitaires des travaux réside principalement dans ce

fait que les premières lignes, qui ont presque toujours suivi les grandes vallées, ont présenté moins de difficulté d'établissement; en outre, la distance moyenne des gares, qui variait jadis entre 8 et 15 km., est descendue maintenant entre 5 et 7 km.; enfin l'outillage est beaucoup plus complet.

La nécessité d'adopter un même mode d'évaluation des dépenses pour pouvoir se livrer à des comparaisons légitimes ne s'affirme pas moins pour l'exploitation que pour la construction. On peut, en faisant varier ce mode d'évaluation, faire dire aux chiffres à peu près tout ce qu'on veut. Toutefois, il résulte du rapprochement des recherches très consciencieuses faites en 1883 par MM. Ricour et Noblemaire et de constatations plus récentes, que la partie des frais d'exploitation indépendante du trafic tend à diminuer, tandis que celle qui en dépend reste proportionnellement à peu près invariable. Il suit de là que la diminution des frais ne se fait guère sentir que sur les lignes à faible trafic. Cela s'explique d'ailleurs facilement par le fait que, sur les grandes lignes, les économies réalisées se trouvent absorbées par les dépenses supplémentaires qui résultent des progrès mêmes de l'exploitation technique.

Le chapitre XXIII est consacré au *Régime des concessions de chemins de fer*, c'est-à-dire à l'étude des bases sur lesquelles sont établis les rapports de l'État et des concessionnaires, avec examen spécial de ce qui a trait aux grandes compagnies et aux compagnies secondaires. Pour ce second cas, l'auteur met largement à profit les remarquables travaux de MM. Considère et Colson.

Le chapitre XXIV et dernier constitue une sorte d'annexe destinée à donner une idée sommaire des *Chemins de fer de systèmes divers* (chemins de fer à crémaillère, funiculaires, électriques), auxquels sont consacrés deux ouvrages spéciaux de l'*Encyclopédie* (1).

Le volume est complété par un certain nombre d'annexes constituées par des documents administratifs, techniques ou statistiques. Il convient de signaler spécialement les deux dernières, intitulées *Railway and Canal Traffic Act* (Angleterre) et *Intterstate Commerce Law* (Etats-Unis), qui contiennent la trace officielle du revirement d'idées qui s'est produit dans ces deux nations au

(1) *Chemins de fer à crémaillère*, par A. Lévy-Lambert ; Paris, Lamirault, 1892. — *Chemins de fer funiculaires*, par A. Lévy-Lambert; Paris, Baudry, 1894.

sujet du mode d'intervention de l'État dans les concessions de chemins de fer.

Ne pouvant, pour ce qui est de l'impression d'ensemble qui se dégage de ce remarquable ouvrage, que répéter ce que nous avons déjà dit, nous préférons renvoyer le lecteur à la conclusion par laquelle se terminait notre compte rendu du tome I.

M. D'OCAGNE.

II.

HISTOIRE DE LA PHILOSOPHIE ATOMISTIQUE, par LÉOPOLD MABILLEAU, ancien membre de l'École française de Rome, professeur de philosophie à la Faculté des lettres de Caen. — 1 vol. grand in-8° de VIII-560 pages. — Paris, Alcan, 1895.

L'ouvrage de M. Mabilleau se présente pourvu des suffrages les plus flatteurs, ayant été couronné, après concours, par l'Académie des sciences morales et politiques, puis imprimé gratuitement par l'Imprimerie nationale. Comme l'a dit la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE ET DE MORALE, cet ouvrage méritait certes ce jugement favorable, car, écrit dans une langue claire (parfois peut-être un peu nerveuse, ajoute-t-elle) par un auteur chez qui l'intelligence philosophique ainsi que la curiosité scientifique sont vives, il dispensera le public des philosophes de lire, sur la question, plusieurs ouvrages français, anglais et allemands (1).

Avant d'aborder l'étude de ce gros livre, nous devons déclarer que nous laisserons de côté tout ce qui concerne l'état actuel de la science, au point de vue de l'hypothèse atomistique, car c'est une question qui mériterait une étude spéciale, étant plus aiguë que jamais, comme l'ont montré tout récemment un article retentissant de M. Ostwald, professeur à l'université de Leipzig, sur *La Déroute de l'atomisme*, et la réplique non moins virulente de M. Cornu, vice-président de l'Académie des sciences de France (2). Si, du reste, M. Mabilleau a compris les théories

(1) Supplément au n° de janvier 1896.

(2) REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, nos des 15 novembre et 15 décembre 1895 ; voir aussi l'article de M. Brillouin, dans ce dernier numéro, et la réponse de M. Ostwald dans celui du 30 décembre.

scientifiques contemporaines dans son travail, il ne semble pas qu'elles lui en aient inspiré les parties les plus intéressantes.

Pendant que nous en sommes à formuler des critiques, nous exprimerons le regret que parfois l'exposition prenne un peu trop l'allure d'un dictionnaire, chaque philosophe ayant son article, ce qui nuit au clair développement de la pensée ; si d'ailleurs M. Mabilleau s'est montré soucieux de fournir ainsi des renseignements groupés sur chaque personnalité, il n'a, par contre, pas songé à faciliter les recherches par une table détaillée, qui n'eût pas été superflue pour permettre, par exemple, de trouver aisément, dans le chapitre consacré à l'atomisme théologique *en Angleterre,* le nom de Boscovich qui, né à Raguse, fut professeur au Collège romain.

Enfin pour servir de fil conducteur dans notre étude, nous devons dire quelques mots de la distinction entre les divers genres d'atomisme. Pour M. Mabilleau, la distinction fondamentale consiste dans l'absence ou la présence d'une action divine pour expliquer au moins l'origine du mouvement des atomes ; cette distinction a quelque rapport avec celle que M. Pillon avait posée dans une étude bien connue sur l'*Évolution historique de l'atomisme* (1), mais tout en s'en distinguant sensiblement. M. Pillon, en effet, opposait un atomisme purement cosmologique à l'atomisme métaphysique des philosophes grecs et de quelques philosophes modernes ; pour lui, cette opposition était telle qu'il a cru pouvoir, sans inconvénient, étudier l'atomisme de Newton et de Boscovich avant celui de Démocrite. Il y avait là, suivant nous, une grave exagération, car l'atomisme est essentiellement une doctrine cosmologique à laquelle se superpose telle ou telle conception métaphysique. Il convient, d'ailleurs, au point de vue de la nature intime des atomes, de distinguer, d'une part, les philosophes qui leur accordent l'étendue de ceux qui la leur dénient et, d'autre part, ceux qui leur attribuent des modalités psychiques de ceux qui ne leur reconnaissent que des qualités d'ordre matériel.

Ceci posé, nous allons passer rapidement en revue les diverses écoles atomistiques étudiées par M. Mabilleau.

I. *Atomisme hindou.* — Nous n'aborderons pas la question si obscure de l'influence que la philosophie hindoue a pu exercer sur la philosophie grecque ; mais nous noterons quelques traits

(1) L'ANNÉE PHILOSOPHIQUE, deuxième année, 1891.

intéressants de l'atomisme de Kanada, bien que les documents dont on dispose manquent parfois de précision (1). La non-divisibilité de la matière à l'infini en est la proposition fondamentale : « Si chaque corps était composé d'un nombre infini de parties, il n'y aurait aucune différence de grandeur entre un grain de moutarde et une montagne, entre un moucheron et un éléphant, puisque l'infini est égal à l'infini. » Il y a d'ailleurs autant d'espèces d'atomes que de substances élémentaires, et c'est là, aux yeux de M. Mabilleau, un vice essentiel de cet atomisme, l'unité des éléments étant, pour lui, un des postulats essentiels à cette doctrine ; si nous ne sommes pas aussi radical, nous admettons bien que la réduction du nombre des atomes différents est conforme à son esprit.

Nous ne voyons pas d'ailleurs clairement en quoi consistent les différences entre les atomes, car, si, d'après certaines indications, on peut les croire semblables aux composés, ce qui les rapprocherait des homœoméries d'Anaxagore, d'autres passages accusent une conception beaucoup plus élevée : non seulement, en effet, l'atome n'est pas perceptible, et l'on ne saurait le confondre avec la plus petite particule qui apparaît dans un rayon de soleil, mais même on ne devrait lui reconnaître aucune étendue. Il serait bien intéressant de savoir si Kanada s'est réellement élevé à une telle notion.

Nous n'étudierons pas les dix-sept qualités des substances qu'énumère Kanada ; mais nous noterons que l'*action* consiste dans le mouvement.

Indestructibles et éternels sont les atomes, proposition que l'auteur des Brahma-Soutras a vivement critiquée comme impie. Faut-il en conclure au matérialisme de Kanada ? Après les cinq substances nettement corporelles, il place l'*âme* et la *conscience*, mais il les en sépare par le temps et l'espace, dont le caractère substantiel, au sens moderne, est loin d'être évident. Il est donc fort difficile de savoir ce que sont exactement l'âme et le *manas* ou conscience ; tout ce qu'on peut dire, c'est que la doctrine de Kanada a été combattue comme matérialiste et paraît s'être développée dans ce sens. Cependant, si l'on a quelque confiance en Colebrooke, on serait bien porté à reconnaître le spiritualisme

(1) A la vérité, nous ignorons pour quel motif M. Mabilleau recourt sans cesse à des sources dont il conteste la valeur, alors que Roër a donné une traduction allemande des Soutras de Kanada et qu'il en a été publié une plus récente en anglais, à Bénarès.

du philosophe qui déduisait l'existence du manas de l'indivisibilité de la sensation.

Fort douteuse aussi est la question de la Divinité. S'appuyant sur une glose postérieure, le Vaïseshika-Soutra-Pouskara, M. Ward a attribué à Kanada un " atomisme ardemment déiste „ ; en tout cas, on doit remarquer qu'il ne peut s'agir que d'un Dieu *organisateur*, les atomes étant éternels. L'origine du mouvement lui échappe d'ailleurs, les atomes ayant une puissance primitive, en sorte que Dieu ne pourrait être qu'un *démiurge* auquel serait dû l'arrangement particulier des atomes ; mais là encore la critique de M. Mabilleau aboutit à une négation.

Quelque confus que soit cet atomisme, tel du moins que nous le connaissons, on ne saurait méconnaître qu'en lui se trouve le germe logique, sinon historique, de systèmes plus cohérents, mais qu'on pourrait considérer comme le développement de ses tendances parfois contradictoires. Ajoutons que, pour M. Mabilleau, l'influence de la philosophie hindoue sur la pensée grecque ne paraît guère douteuse : l'un de ses arguments les plus frappants, selon nous, consiste dans le fait que " la philosophie n'est pas née dans la Grèce même, ni chez des penseurs d'école, mais en Asie, dans ces colonies ioniennes où affluaient toutes sortes d'étrangers „.

II. *Atomisme grec.* — M. Mabilleau consacre une longue étude aux antécédents de l'atomisme en Grèce. Certes, les premiers Ioniens, de Thalès à Anaximandre, sont bien loin de l'atomisme, puisqu'ils admettent une matière continue, qu'ils considèrent comme un principe immanent de vie ; mais, en soutenant l'idée d'une matière première unique, ils ont introduit dans la spéculation un principe que, nous l'avons déjà vu, notre auteur considère comme essentiel au véritable atomisme.

Par la prédominance qu'ils accordent à l'idée de nombre, les Pythagoriciens nous paraissent devoir conduire forcément à une conception atomistique, car une matière continue échappe au nombre. " De quoi, dit M. Paul Janet dans le *Dictionnaire des sciences philosophiques* de Franck, se compose un corps solide ? Il se compose de différentes surfaces, qui se composent elles-mêmes de différentes lignes, et celles-ci d'un certain nombre de points ; et tout corps se réduit à certains points élémentaires qui, eux-mêmes, sont absolument simples et tout à fait semblables aux unités arithmétiques. Mais ni une réunion de surfaces ne forme un corps, ni une réunion de lignes une surface, ni

une réunion de points une ligne, s'il n'existe entre les lignes, les points et les surfaces un certain nombre d'intervalles qui, distinguant les unes des autres les parties constitutives et élémentaires du corps, leur permettent de se réunir et de faire un tout déterminé. Supprimez ces intervalles, et toutes les surfaces, les lignes et les points venant à se pénétrer, les surfaces s'absorbent dans les surfaces, les lignes dans les lignes, les points dans les points, et tout se réduirait à un point, si ce point pouvait se concevoir sans que l'esprit conçût en même temps un intervalle qui l'entourât de toutes parts. D'où il suit que la réalité des corps se ramène nécessairement à ces deux éléments, le point, ou, selon l'expression pythagoricienne, la monade, et les intervalles, διαστήματα (1). „

Il semble qu'il y ait là tous les principes d'un atomisme bien supérieur á celui de Démocrite ; mais, d'accord avec Zeller, M. Mabilleau estime que le pythagorisme a conservé jusqu'au bout son caractère arithmétique, et que les considérations physiques n'en étaient pas le fond ; il ne décerne donc pas à Pythagore le titre de fondateur de l'atomisme grec, mais il affirme, sans crainte de se tromper, qu'aucune philosophie n'a, autant que la sienne, contribué à cette fondation.

Sur les rapports entre les Éléates et les atomistes, il semble d'abord que MM. Pillon et Mabilleau sont peu d'accord. Pour le premier, il y a opposition antithétique entre le rationalisme si " admirablement paradoxal „ de Zénon et l'atomisme de Démocrite, et ce dernier est né de la critique de l'être un et immobile de l'école d'Élée, tandis que le second fait ressortir l'apport de cette école à la doctrine qui devait couronner la physique grecque. Cet apport, du reste, se bornerait aux trois points suivants : " 1° D'abord, ils ont établi l'idée de *substance* fixe et immuable, principe un et identique de l'existence universelle, quelle que soit la manière dont on se représente celle-ci. C'est d'après eux que les atomistes ont admis une matière primitive et indestructible, dont les combinaisons ultérieures n'altèrent point la nature.

„ 2° Ensuite, en montrant que la substance n'est en rien intéressée à l'évolution phénoménale, ils ont mis leurs successeurs sur la voie du mécanisme qui réduit tous les changements de la matière au mouvement, c'est-à-dire à une modification relative.

„ 3° Enfin, ils ont prouvé que le mouvement et la pluralité même supposent la réalité de l'espace, c'est-à-dire, au point de

(1) Article *Pythagore, Pythagorisme*, p. 1434.

vue physique, du *vide*, ce que Pythagore avait bien dit avant eux, mais sous une forme moins frappante et moins définitive. „

Ajoutons que, avant d'aborder l'étude des atomistes, M. Mabilleau parle encore d'Héraclite qui, à l'opposé de Parménide d'Élée, nie l'être pour conserver la loi du devenir, c'est-à-dire du changement et du mouvement, et d'Empédocle qui, pour expliquer la variété du monde, admet la pluralité des éléments primitifs, rompant ainsi avec les traditions antérieures.

Nous arrivons enfin aux théories atomistes de Leucippe et de Démocrite. Décidés à tenir compte du témoignage des sens, ils acceptent, dès le principe, la multiplicité; puis, tenant pour établi par les Éléates que le mouvement suppose le vide, c'est-à-dire le non-être, ils en concluent, contre eux, que le vide existe et que le non-être est au moins d'une façon relative. Ceci nous montre comment MM. Pillon et Mabilleau sont au fond d'accord.

De ces propositions fondamentales découle un système où le principe substantiel est représenté par une multitude d'éléments dont chacun sera une unité pleine et homogène, ce qui concilie l'*unité de l'être* avec la *multiplicité des êtres*. Ces corpuscules seront plongés dans le vide, où ils se grouperont et se mêleront suivant des combinaisons infiniment variées, ce qui conciliera l'*immutabilité de l'être* avec la *génération et la corruption des êtres*. L'existence simultanée et corrélative de l'*être* et du *non-être* signifie donc que les choses se composent de la substance qui remplit l'espace, et de l'espace qui permet à la substance de se mouvoir et de se modifier.

Les atomes sont en nombre *infini* pour des raisons que nous ne connaissons pas historiquement, " mais que l'on peut facilement comprendre „, dit M. Mabilleau, qui donne les siennes tout en indiquant les raisons différentes des autres commentateurs. Comme leur nom même l'indique, les atomes sont *indivisibles*, et ils ont une grandeur déterminée, au dire de tous les commentateurs, sauf de M. Renouvier ; M. Pillon lui-même l'abandonne sur ce point: des éléments *pleins* avec des intervalles vides entre eux, voilà la conception des corps. Il subsistait, il est vrai, une grave difficulté : comment concilier les notions d'indivisibilité et d'étendue ? Selon Galien, Leucippe le faisait en n'accordant aux atomes qu'une indivisibilité *de fait*, ὑπὸ σμικρότητος, et M. Mabilleau croit que la pensée de Démocrite doit s'interpréter dans le même sens.

Immuables et *éternels* enfin sont les atomes, car, d'une part,

aucun changement ne peut survenir dans leur substance simple, et, d'autre part, ils ne peuvent être sortis ni d'un autre élément ni du néant.

Quelles sont les propriétés constitutives, les qualités premières des atomes ? Ce sont essentiellement la *solidité*, qui implique l'impénétrabilité, et la *figure*. La diversité des figures, des formes géométriques, et cela en nombre infini, est un des gros vices de la doctrine de Démocrite, pour qui tient à l'unité des éléments de la matière ; la multiplicité de la figure entraîne d'ailleurs naturellement celle de la grandeur. La *pesanteur* a donné lieu à d'interminables discussions ; l'interprétation la plus rationnelle de tous les documents paraît être celle de M. Renouvier, d'après qui il ne s'agit que de la *pesanteur par excès*, c'est-à-dire de la force qui résulte de l'impulsion, par un volume supérieur, d'un volume moindre qui vient d'être abordé par lui.

Les atomes se meuvent dans le vide, ce non-être des Éléates ; mais l'expression n'a plus qu'un sens relatif. La réalité du vide apparaît dans divers faits d'expérience, notamment dans celui qu'un vase plein de cendre peut recevoir autant d'eau que quand il est vide.

Les déterminations secondes des corps dérivent de leurs propriétés essentielles, combinées avec l'*ordre* et la *position* ; elles se produisent d'ailleurs par le *changement* et l'*action*, la seconde engendrant le premier ; comme celui-ci se ramène à un déplacement, l'action est toute mécanique. Notons, après M. Pillon, que Descartes trouvait dans son spiritualisme une justification, qui manque aux matérialistes, de la distinction entre les deux ordres de qualité.

Les *éléments* ou substances premières répugnent à l'atomisme, et Démocrite n'attribue qu'une valeur toute relative à la théorie des quatre éléments.

Au contraire, la question du mouvement est de première importance pour l'atomiste, car c'est lui qui, en engendrant toutes les combinaisons, donnera naissance aux mondes. Le mouvement est éternel, et cette éternité s'impose à tout matérialisme ; mais M. Mabilleau ajoute : " et même à tout spiritualisme, car c'est différer le problème que de mettre le mouvement en puissance dans un être éternel qui le réalise *à son heure* ". Employer un langage qui manque à ce point de précision, c'est évidemment se condamner à fausser les questions délicates. Étant donné d'ailleurs ce mouvement éternel, les transmissions

et modifications qu'il subira seront le résultat de la pesanteur, telle que la comprend M. Renouvier.

Tous les chocs qui se produisent sont bien le résultat du *hasard*, quelques réserves qu'on puisse faire sur cette expression, si l'on entend par là l'absence de toute conception téléologique et même de tout développement rationnel se formulant par une loi. La diversité des atomes facilite d'ailleurs des groupements spéciaux qui séparent une partie du tout d'avec le reste et constituent un *monde*. Les mondes sont innombrables, car, le nombre des atomes étant infini comme l'espace, il n'y a aucune raison pour limiter les chances d'agrégation. Leur durée n'est point illimitée ; mais ils s'accroissent ou se désagrègent sans aucun rythme analogue à ceux qu'ont reconnus Héraclite et Empédocle. Toutefois Démocrite paraît peu conséquent avec lui-même quand, à propos des êtres organisés, il parle de nécessité et même de raison.

L'âme est formée d'atomes qui, en vertu de leurs dimensions et de leurs formes, sont très sensibles à la pression et au choc, et c'est ainsi que l'intelligence est la force motrice du monde. Les sensations sont le résultat de la pénétration dans le cerveau d'atomes envoyés par les corps, et la raison, constamment opposée aux erreurs des sens, ne paraît être, comme l'a dit M. Liard, que l'ensemble des sensations corrigées l'une par l'autre et ramenées à une sorte de moyenne.

Le but de la vie est le bonheur, résultant d'un ensemble de sensations agréables ; mais Démocrite introduit ici une idée d'harmonie : la vertu, c'est l'accord des actes, comme la raison est l'accord des impressions. Quant aux dieux, il n'en admettait point, à proprement parler.

En résumé, la physique est la seule science sur laquelle Démocrite ait des aperçus intéressants : " Rien ne vient de rien ; rien de ce qui existe ne peut être anéanti. Tout changement n'est qu'agrégation ou désagrégation des parties. " Ce sont assurément des énonciations qui, dans le domaine scientifique, ont une rare valeur.

L'étude des *variations de l'atomisme* nous réserve une surprise : c'est de la voir s'ouvrir par celle d'Anaxagore qui, né d'ailleurs quarante ans avant Démocrite, a toujours passé pour un philosophe ionien. Il rejette le vide et considère la matière comme indéfiniment divisible, et, quelque loin qu'on poursuive la division, les particules obtenues restent ce que sont les

une réunion de points une ligne, s'il n'existe entre les lignes, les points et les surfaces un certain nombre d'intervalles qui, distinguant les unes des autres les parties constitutives et élémentaires du corps, leur permettent de se réunir et de faire un tout déterminé. Supprimez ces intervalles, et toutes les surfaces, les lignes et les points venant à se pénétrer, les surfaces s'absorbent dans les surfaces, les lignes dans les lignes, les points dans les points, et tout se réduirait à un point, si ce point pouvait se concevoir sans que l'esprit conçût en même temps un intervalle qui l'entourât de toutes parts. D'où il suit que la réalité des corps se ramène nécessairement à ces deux éléments, le point, ou, selon l'expression pythagoricienne, la monade, et les intervalles, διαστήματα (1). „

Il semble qu'il y ait là tous les principes d'un atomisme bien supérieur à celui de Démocrite ; mais, d'accord avec Zeller, M. Mabilleau estime que le pythagorisme a conservé jusqu'au bout son caractère arithmétique, et que les considérations physiques n'en étaient pas le fond ; il ne décerne donc pas à Pythagore le titre de fondateur de l'atomisme grec, mais il affirme, sans crainte de se tromper, qu'aucune philosophie n'a, autant que la sienne, contribué à cette fondation.

Sur les rapports entre les Éléates et les atomistes, il semble d'abord que MM. Pillon et Mabilleau sont peu d'accord. Pour le premier, il y a opposition antithétique entre le rationalisme si " admirablement paradoxal „ de Zénon et l'atomisme de Démocrite, et ce dernier est né de la critique de l'être un et immobile de l'école d'Élée, tandis que le second fait ressortir l'apport de cette école à la doctrine qui devait couronner la physique grecque. Cet apport, du reste, se bornerait aux trois points suivants : " 1° D'abord, ils ont établi l'idée de *substance* fixe et immuable, principe un et identique de l'existence universelle, quelle que soit la manière dont on se représente celle-ci. C'est d'après eux que les atomistes ont admis une matière primitive et indestructible, dont les combinaisons ultérieures n'altèrent point la nature.

„ 2° Ensuite, en montrant que la substance n'est en rien intéressée à l'évolution phénoménale, ils ont mis leurs successeurs sur la voie du mécanisme qui réduit tous les changements de la matière au mouvement, c'est-à-dire à une modification relative.

„ 3° Enfin, ils ont prouvé que le mouvement et la pluralité même supposent la réalité de l'espace, c'est-à-dire, au point de

(1) Article *Pythagore, Pythagorisme*, p. 1434.

vue physique, du *vide*, ce que Pythagore avait bien dit avant eux, mais sous une forme moins frappante et moins définitive. „

Ajoutons que, avant d'aborder l'étude des atomistes, M. Mabilleau parle encore d'Héraclite qui, à l'opposé de Parménide d'Élée, nie l'être pour conserver la loi du devenir, c'est-à-dire du changement et du mouvement, et d'Empédocle qui, pour expliquer la variété du monde, admet la pluralité des éléments primitifs, rompant ainsi avec les traditions antérieures.

Nous arrivons enfin aux théories atomistes de Leucippe et de Démocrite. Décidés à tenir compte du témoignage des sens, ils acceptent, dès le principe, la multiplicité; puis, tenant pour établi par les Éléates que le mouvement suppose le vide, c'est-à-dire le non-être, ils en concluent, contre eux, que le vide existe et que le non-être est au moins d'une façon relative. Ceci nous montre comment MM. Pillon et Mabilleau sont au fond d'accord.

De ces propositions fondamentales découle un système où le principe substantiel est représenté par une multitude d'éléments dont chacun sera une unité pleine et homogène, ce qui concilie l'*unité de l'être* avec la *multiplicité des êtres*. Ces corpuscules seront plongés dans le vide, où ils se grouperont et se mêleront suivant des combinaisons infiniment variées, ce qui conciliera l'*immutabilité de l'être* avec la *génération et la corruption des êtres*. L'existence simultanée et corrélative de l'*être* et du *non-être* signifie donc que les choses se composent de la substance qui remplit l'espace, et de l'espace qui permet à la substance de se mouvoir et de se modifier.

Les atomes sont en nombre *infini* pour des raisons que nous ne connaissons pas historiquement, " mais que l'on peut facilement comprendre „, dit M. Mabilleau, qui donne les siennes tout en indiquant les raisons différentes des autres commentateurs. Comme leur nom même l'indique, les atomes sont *indivisibles*, et ils ont une grandeur déterminée, au dire de tous les commentateurs, sauf de M. Renouvier ; M. Pillon lui-même l'abandonne sur ce point: des éléments *pleins* avec des intervalles vides entre eux, voilà la conception des corps. Il subsistait, il est vrai, une grave difficulté : comment concilier les notions d'indivisibilité et d'étendue ? Selon Galien, Leucippe le faisait en n'accordant aux atomes qu'une indivisibilité *de fait*, ὑπὸ σμικρότητος, et M. Mabilleau croit que la pensée de Démocrite doit s'interpréter dans le même sens.

Immuables et *éternels* enfin sont les atomes, car, d'une part,

aucun changement ne peut survenir dans leur substance simple, et, d'autre part, ils ne peuvent être sortis ni d'un autre élément ni du néant.

Quelles sont les propriétés constitutives, les qualités premières des atomes ? Ce sont essentiellement la *solidité*, qui implique l'impénétrabilité, et la *figure*. La diversité des figures, des formes géométriques, et cela en nombre infini, est un des gros vices de la doctrine de Démocrite, pour qui tient à l'unité des éléments de la matière ; la multiplicité de la figure entraîne d'ailleurs naturellement celle de la grandeur. La *pesanteur* a donné lieu à d'interminables discussions ; l'interprétation la plus rationnelle de tous les documents paraît être celle de M. Renouvier, d'après qui il ne s'agit que de la *pesanteur par excès*, c'est-à-dire de la force qui résulte de l'impulsion, par un volume supérieur, d'un volume moindre qui vient d'être abordé par lui.

Les atomes se meuvent dans le vide, ce non-être des Éléates ; mais l'expression n'a plus qu'un sens relatif. La réalité du vide apparaît dans divers faits d'expérience, notamment dans celui qu'un vase plein de cendre peut recevoir autant d'eau que quand il est vide.

Les déterminations secondes des corps dérivent de leurs propriétés essentielles, combinées avec l'*ordre* et la *position* ; elles se produisent d'ailleurs par le *changement* et l'*action*, la seconde engendrant le premier ; comme celui-ci se ramène à un déplacement, l'action est toute mécanique. Notons, après M. Pillon, que Descartes trouvait dans son spiritualisme une justification, qui manque aux matérialistes, de la distinction entre les deux ordres de qualité.

Les *éléments* ou substances premières répugnent à l'atomisme, et Démocrite n'attribue qu'une valeur toute relative à la théorie des quatre éléments.

Au contraire, la question du mouvement est de première importance pour l'atomiste, car c'est lui qui, en engendrant toutes les combinaisons, donnera naissance aux mondes. Le mouvement est éternel, et cette éternité s'impose à tout matérialisme ; mais M. Mabilleau ajoute : " et même à tout spiritualisme, car c'est différer le problème que de mettre le mouvement en puissance dans un être éternel qui le réalise *à son heure* ". Employer un langage qui manque à ce point de précision, c'est évidemment se condamner à fausser les questions délicates. Étant donné d'ailleurs ce mouvement éternel, les transmissions

et modifications qu'il subira seront le résultat de la pesanteur, telle que la comprend M. Renouvier.

Tous les chocs qui se produisent sont bien le résultat du *hasard*, quelques réserves qu'on puisse faire sur cette expression, si l'on entend par là l'absence de toute conception téléologique et même de tout développement rationnel se formulant par une loi. La diversité des atomes facilite d'ailleurs des groupements spéciaux qui séparent une partie du tout d'avec le reste et constituent un *monde*. Les mondes sont innombrables, car, le nombre des atomes étant infini comme l'espace, il n'y a aucune raison pour limiter les chances d'agrégation. Leur durée n'est point illimitée ; mais ils s'accroissent ou se désagrègent sans aucun rythme analogue à ceux qu'ont reconnus Héraclite et Empédocle. Toutefois Démocrite paraît peu conséquent avec lui-même quand, à propos des êtres organisés, il parle de nécessité et même de raison.

L'âme est formée d'atomes qui, en vertu de leurs dimensions et de leurs formes, sont très sensibles à la pression et au choc, et c'est ainsi que l'intelligence est la force motrice du monde. Les sensations sont le résultat de la pénétration dans le cerveau d'atomes envoyés par les corps, et la raison, constamment opposée aux erreurs des sens, ne paraît être, comme l'a dit M. Liard, que l'ensemble des sensations corrigées l'une par l'autre et ramenées à une sorte de moyenne.

Le but de la vie est le bonheur, résultant d'un ensemble de sensations agréables ; mais Démocrite introduit ici une idée d'harmonie : la vertu, c'est l'accord des actes, comme la raison est l'accord des impressions. Quant aux dieux, il n'en admettait point, à proprement parler.

En résumé, la physique est la seule science sur laquelle Démocrite ait des aperçus intéressants : " Rien ne vient de rien ; rien de ce qui existe ne peut être anéanti. Tout changement n'est qu'agrégation ou désagrégation des parties. „ Ce sont assurément des énonciations qui, dans le domaine scientifique, ont une rare valeur.

L'étude des *variations de l'atomisme* nous réserve une surprise : c'est de la voir s'ouvrir par celle d'Anaxagore qui, né d'ailleurs quarante ans avant Démocrite, a toujours passé pour un philosophe ionien. Il rejette le vide et considère la matière comme indéfiniment divisible, et, quelque loin qu'on poursuive la division, les particules obtenues restent ce que sont les

grandes parties. Nous croyons pouvoir passer rapidement sur une doctrine aussi éloignée de celle que nous étudions, mais non, toutefois, sans signaler combien nous avons été surpris de ne rien trouver sur l'interprétation donnée par M. Paul Tannery de la théorie des *homœoméries*, interprétation de nature à en relever la valeur. Nous avons du reste remarqué que M. Mabilleau ne mentionne jamais les travaux de ce philosophe érudit, notamment son beau livre : *Pour l'histoire de la science hellène* (1).

Cette remarque faite, abordons de suite l'étude de l'épicurisme. L'idée nouvelle qui caractérise cette doctrine, c'est, dit-on généralement, l'attribution à l'atome d'un pouvoir moteur immanent et essentiel, désigné sous le nom de *pesanteur*. M. Mabilleau conteste cette tradition, Démocrite ayant déjà fait cette attribution ; mais nous avons vu que la pesanteur de ce dernier paraît avoir eu un autre caractère, plus philosophique du reste à nos yeux. Quoi qu'il en soit, Épicure attribue à tous les atomes une égale chute dans le vide, ce qui l'a amené à imaginer son célèbre *clinamen* pour leur permettre de se choquer, et ces deux modifications paraissent peu heureuses à M. Mabilleau, l'égale chute ne se rattachant, pour Épicure, à aucune raison scientifique (2), et le *clinamen* n'étant qu'un mauvais expédient. Quant à la discussion du sens des mots *haut* et *bas*, où notre auteur donne encore raison à Démocrite, elle nous paraît assez pauvre des deux côtés.

Mais le *clinamen* n'a-t-il pas une autre portée que celle d'un simple expédient pour expliquer le choc des atomes ? Lucrèce indique très clairement qu'il sert aussi à rompre le déterminisme des causes et à fonder la liberté, dans le passage suivant dont M. Mabilleau cherche vainement à réduire l'importance :

" Denique, si semper motus connectitur omnis,
Et vetere exoritur semper novus ordine certo,

(1) Voir pp. 280-290.

(2) Lucrèce dit cependant très-justement :

" Nam per aquas quaecumque cadunt atque aera deorsum,
Hac, pro ponderibus, casus celerare necesse est ;
Propterea, quia corpus aquae, naturaque tenuis
Aeris haud possunt aeque rem quamque morari :
Sed citius cedunt gravioribus exsuperata.
At contra nulli, de nulla parte, neque ullo
Tempore inane potest vacuum subsistere rei,
Quin, sua quod natura petit, concedere pergat. "

Liv. II, v. 230-237.

Nec declinando faciunt primordia motus
Principium quoddam, quod fati fœdera rumpat
Ex infinito ne causam causa sequatur :
Libera per terras unde haec animantibus exstat,
Unde est haec, inquam, fatis avulsa voluntas,
Per quam progredimur, quo ducit quemque voluptas,
Declinamus item motus, nec tempore certo,
Nec regione loci certa, sed ubi ipsa tulit mens (1). „

M. Mabilleau admet que Guyau, " un enthousiaste „, ait attaché de l'importance à de telles paroles ; mais il ne saurait pardonner à M. Pillon, un logicien, un criticiste élevé à l'école de Kant, d'écrire que " l'épicurisme est une philosophie de la liberté „. Si l'on trouve ces paroles peut-être un peu trop absolues, du moins devra-t-on, semble-t-il, dire avec M. Boutroux que le *clinamen* est " une ébauche du libre arbitre (2) „. Placé à un point de vue diamétralement opposé, M. Mabilleau fait de la discussion de M. Pillon sur le *clinamen* une critique développée dont les détails, résultats de cette opposition essentielle, sont peu intéressants par là-même, sauf quand il relève l'inconséquence, vue par M. Pillon, où serait tombé Épicure en n'accordant pas aux atomes " quelque propriété psychique qui fût à la conscience ce que la déclinaison est à la liberté „. C'est là le vice essentiel à toute doctrine matérialiste, condamnée à faire résulter le psychique du mécanique.

Si nous jetons un regard d'ensemble sur l'atomisme ancien, nous y voyons quelques grandes idées philosophico-scientifiques que nous avons déjà fait ressortir et qu'on nous pardonnera de remettre en évidence par quelques citations empruntées à la traduction du 1er livre de Lucrèce par Sully-Prud'homme :

" Mais rien ne naît de rien, ma Muse te l'apprit,
Et rien n'est jamais né que le néant reprit.
De l'atome immortelle est donc la masse entière ;
L'objet, s'y résolvant à son heure dernière,
Rapporte au renouveau des choses la matière !
Ainsi, fort de sa simple et solide unité,
L'atome se conserve et rouvre la carrière
Aux transformations depuis l'éternité !
. . . . . .

(1) Liv. II, v. 251-260.
(2) *De l'idée de loi naturelle*, p. 66.

Il est donc un milieu libre, vide, impalpable.
Rien ne serait sans lui de se mouvoir capable ;
Car leur solidité formerait chez les corps
Un mutuel obstacle à leurs communs efforts,
Et nul n'avancerait, puisque nul dans la masse
Aux autres ne pourrait le premier faire place.

. . . . . .

Le point, le dernier terme où le plein se résout,
Limite qui n'est plus des organes sentie,
Existe assurément sans aucune partie.

. . . . . .

Si la division n'a son terme borné,
Le moindre corps se prête à des parts innombrables,
Les moitiés des moitiés sont en deux séparables
Toujours, et tout objet reste indéterminé.

. . . . . .

Tout corps, par son essence, ou n'est qu'un élément,
Ou d'éléments ensemble agrégés se compose ;
S'il est élémentaire, à l'effort violent
Pour le broyer, sa masse invincible s'oppose. »

En dehors de ces principes généraux, on trouve, en Lucrèce, de belles et poétiques descriptions, telles que celle de la tempête, qui sert à prouver qu'il y a des corps, là où l'œil ne peut les saisir ; mais le développement scientifique est généralement bien pauvre. M. Mabilleau n'en paraît point frappé ; mais sa longue étude de l'atomisme grec nous a paru bien vide à ce point de vue, et ce n'est pas sa faute, hâtons-nous de l'ajouter. Comme l'a dit M. Paul Tannery, la conception atomistique, qui devait devenir dans les temps modernes le pivot fondamental sur lequel roulent toutes les hypothèses physiques, est échue, dans l'antiquité, aux mains de l'école la moins scientifique de toutes (1).

III. *L'atomisme au moyen âge. — L'atomisme arabe.* — Entre l'antiquité et le XVIIe siècle, la tradition atomiste se trouve en grande partie rompue ; néanmoins on peut dire qu'une école théologique arabe a interrompu la prescription. Quant aux alchimistes, qui ont soutenu la théorie de l'unité de matière et celle des combinaisons, M. Mabilleau estime devoir les com-

(1) *Pour l'histoire de la science hellène*, p. 23.

prendre dans son histoire de l'atomisme, tout en reconnaissant, avec M. Berthelot, qu'on ne lit rien dans leurs œuvres qui soit relatif aux théories de la vieille atomique. Le chapitre qu'il leur consacre est, du reste, court et de peu d'intérêt, et nous préférons insister sur l'école arabe des Motecallemîn.

Disons d'abord que la principale source d'informations est le *Guide des égarés (Moré Nebouchim)* du juif Maïmonide (1), ardent adversaire de cette école. C'est évidemment une circonstance peu favorable, mais qui n'empêche pas la doctrine qu'il combat d'apparaître comme fort intéressante.

Les hérésies musulmanes qui surgirent peu après la mort du Prophète donnèrent lieu à tout un corps de discussions théologiques portant le nom de *Calâm*, dont le sens très extensif est à peu près celui de Λόγος, et le mot de *Motecallem* ou *Motakhallem* (dérivé de la même racine) désigne le théologien dogmatique, le scolastique, qui défend la religion contre les attaques venues du dehors.

D'après le *Calâm*, " la plupart des dogmatiques supposent que les corps simples consistent en de petites parcelles qui ne subissent aucune division ultérieure, de manière que ces parcelles sont en nombre fini „. " Toutes ces parcelles sont semblables, dit Maïmonide, et pareilles les unes aux autres, et il n'y a entre elles aucune espèce de différence... Chacune de ces parcelles est absolument sans quantité, mais, lorsqu'elles sont réunies les unes aux autres, cet ensemble a de la quantité et alors est un corps. „ De même, le temps est divisé en particules indivisibles qu'on appelle les instants ; chaque atome créé dure un instant, et, s'il persiste, c'est par renouvellement de l'acte créateur.

Quant aux actions mutuelles des atomes et à leurs mouvements, il semble bien que les Motecallemîn aient devancé Malebranche : " Ils soutiennent, dit Maïmonide, que cette étoffe que nous croyons avoir teinte en rouge, ce n'est pas nous qui l'avons teinte, mais c'est Dieu qui a fait naître cette couleur dans l'étoffe, au moment où celle-ci s'est unie à la couleur rouge... Ils soutiennent encore que, lorsque l'homme meut la plume, ce n'est pas l'homme qui la meut ; car ce mouvement qui naît dans la plume est un accident que Dieu y a créé... Il n'y a absolument aucun corps qui exerce une action : le dernier efficient n'est autre que Dieu. „ Les lois de la nature sont contingentes :

(1) Traduit en français par Munck, 1856-1863.

" C'est Dieu qui a fait courir l'habitude que cette couleur noire ne naquît qu'au moment où l'étoffe s'unit à l'indigo. „

L'existence du vide est démontrée exactement comme par Lucrèce (*Guide des égarés*, t. I. p. 379).

La question de l'âme a de l'importance dans cette philosophie religieuse. " Au sujet de l'âme, dit Maïmonide, les Motecallemin sont divisés : selon l'opinion dominante, elle est un accident existant dans un seul de tous les atomes dont l'homme, par exemple, est composé, et si l'ensemble s'appelle animé, c'est parce que cet atome en fait partie. Il y en a qui disent que l'âme est un corps composé d'atomes subtils (I, 587). „ Quant à leur doctrine sur Dieu, nous ne saurions suivre M. Mabilleau dans l'étude qu'il en fait ; mais nous tenons à noter cet argument fortement appuyé sur le principe de raison suffisante : " Chacun accorde que l'existence du monde soit *possible*, car, s'il avait une existence nécessaire, il serait Dieu... Or, puisque ce dont l'existence n'est que possible existe *réellement*, quoiqu'il y ait pour lui une égale raison d'être et de ne pas être, c'est là une preuve qu'il y a quelqu'un qui en a préféré l'existence à la non-existence. „

Nous avons dû être très sommaire, mais on aura peut-être entrevu l'intérêt de cette philosophie arabe, où M. Mabilleau croit voir bien marquée l'influence de Kanada et de ses disciples. En tout cas, on y voit appliquer pour la première fois à l'atomisme les conceptions monothéistes, et c'est là un grand fait, car, comme l'a dit Lange, peu suspect en la matière : " Lorsque, d'une façon libre et grandiose, on attribue à un seul et même principe (Dieu) la direction unique du monde, la corrélation des choses par le lien de la cause à l'effet devient non seulement admissible, mais elle est encore une suite nécessaire de l'hypothèse. „

IV. *L'atomisme dans la philosophie moderne.* — L'atomisme arabe va servir de point de départ à l'atomisme chrétien, qu'il y ait ou non là une filiation véritable. Sur Gassendi, il y a loin, en apparence au moins, d'y avoir accord entre MM. Pillon et Mabilleau, le premier voyant dans son œuvre un atomisme simplement cosmologique, tandis que le second y aperçoit toute une philosophie. Au fond, il semble bien qu'il y ait là surtout une querelle de mots, M. Pillon appelant cosmologique tout atomisme concilié avec la notion de Dieu. M. Mabilleau étudie d'ailleurs Gassendi avec beaucoup de détail ; mais il n'arrive pas à faire ressortir clairement sa théorie sur l'âme, qui apparaît

cependant comme une combinaison d'atomes spéciaux, dont on ne saurait dire qu'ils sont des éléments insensibles, " *bien qu'ils ne sentent pas effectivement* (?) „. C'est bien vague, sans compter qu'il ne parle pas de l'âme incorporelle, qui seule peut s'élever au-dessus des images et constituer l'entendement. Il le loue d'ailleurs beaucoup de n'être pas tombé dans l'occasionalisme des Motekallemîn et de ne s'être servi de Dieu que pour fonder un dynamisme immanent dans les atomes : pour nous, ces critiques contre l'occasionalisme dérivent d'une notion inexacte de l'immutabilité divine, et nous avons déjà vu que, sur ce point, M. Mabilleau semble avoir des idées peu précises.

Descartes, assurément, n'était pas atomiste ; mais son mécanisme était de nature à présenter bien des points de contact avec la théorie renouvelée par Gassendi ; aussi n'est-on pas surpris que certains de ses disciples, comme Cordemoy, aient cru pouvoir rejeter la divisibilité à l'infini ; par l'occasionalisme d'ailleurs, celui-ci revient à la doctrine du Calâm. Fénelon lui-même incline vers l'atomisme.

Passant en Angleterre, M. Mabilleau y trouve à venger une nouvelle victime de M. Pillon, Cudworth, mais il le fait d'une façon si vague qu'il ne nous donne aucune conviction. Quant au chimiste Boyle, disciple enthousiaste de Gassendi, il change peu de chose à l'atomisme mécanique, soudé à une métaphysique spiritualiste, que professait son maître.

Enfin Newton, ami de Boyle, va faire progresser la question ; mais ici, avouons-le, M. Pillon paraît avoir ménagé un succès à M. Mabilleau en exaltant Newton pour une énonciation qui vient de Gassendi, celle que la constance de la nature des corps paraît exiger des éléments immuables, dont les diverses associations produisent les changements des choses corporelles. Quant à la loi de la gravitation, il paraît bien que Newton y vit d'abord la marque d'une attraction ; mais la violente polémique qui se souleva à cette occasion lui fit prendre une attitude expectante : " *hypotheses non fingo* „. La métaphysique toutefois ne l'effrayait pas : de l'espace il fait un attribut de Dieu, en sorte que, les corps ne s'en distinguant que si le vide existe, " la distinction de l'espace et du monde, c'est celle même de Dieu et du monde „ , comme le dit M. Pillon : dès lors l'atomisme apparaît comme éminemment favorable au théisme, ainsi que l'a bien vu Voltaire.

Locke, par sa discussion sur la cohésion, mérite d'occuper une place éminente dans l'histoire de l'atomisme, sans avoir été, à

proprement parler, un atomiste. Toutes les explications mécaniques de la cohésion, remarque-t-il, supposent un autre corps que celui dans lequel on prétend l'expliquer; mais alors la difficulté est transportée sur les particules de cet autre corps, éther ou autre chose, et l'on tombe dans le vice logique du progrès à l'infini, si l'on veut poursuivre l'application de ce genre d'explication. Locke ajoute à cela que, le monde devant être fini, il faut que quelque chose empêche la matière de se diffuser hors de ses limites.

Cette discussion conduit logiquement à cette double conclusion, que les atomes ne sont point étendus, et qu'au pur mécanisme des actions externes on doit substituer des forces inhérentes aux éléments matériels. Locke a fort bien fait ressortir du reste ce que la conception des atomes *durs* de Newton a de peu satisfaisant, puisque la dureté n'est qu'un effet de la cohésion.

Quand on est arrivé là, il n'y a plus qu'à conclure, et c'est à Boscovich qu'appartient l'honneur de l'avoir fait; pour lui, la nature est formée d'atomes inétendus, entre lesquels s'exercent des actions attractives ou répulsives, suivant leurs distances. Newton avait entrevu ces actions, mais il n'avait pas compris qu'elles expliquent l'impénétrabilité. Boscovich attribuait justement à ces forces un caractère tout mathématique : " Je pense, disait-il, que deux points de matière sont également déterminés, soit à s'approcher, soit à s'éloigner l'un de l'autre, selon la distance qui les sépare. C'est cette détermination que j'appelle force, *exprimant par ce mot, non le mode d'agir, mais la détermination même.* „ Pour lui, d'ailleurs, tous les atomes sont identiques. Nous regrettons de ne pouvoir nous étendre sur l'œuvre d'une si haute valeur de Boscovich, notamment sur sa critique de l'infini réalisé; mais pourquoi faut-il qu'on trouve, sous la plume de M. Mabilleau (et même de M. Hannequin dans sa thèse si remarquable sur l'*Hypothèse des atomes dans la science contemporaine*), l'assertion que Boscovich substitue la force à l'atome comme principe de l'être, alors que la citation qui précède montre si bien le contraire? Serait-ce que, pour certaines personnes, la masse et l'étendue seraient inséparables?

Revenons maintenant à Locke, qui fut le précurseur de l'atomisme psychologique moderne, comme il le fut de l'atomisme mathématique de Boscovich. Chacun sait en effet que le philosophe anglais doutait si un être matériel peut ou non penser; mais il ne semble pas qu'il ait rien écrit de décisif dans le sens d'un atomisme psychologique. Au contraire, on peut considérer

le monadisme de son grand contradicteur Leibniz comme une des formes les plus élevées de cette doctrine, bien que gâtée, selon nous, par l'admission du nombre infini des monades. La discussion à laquelle se livre M. Mabilleau sur ce système est très intéressante : " Le monadisme, conclut-il, a ruiné à jamais le concept de matière passive et transformé pour un temps le concept de matière active qui venait de reparaître dans la doctrine vaguement hylozoïstique de Gassendi. „

Si l'influence de Locke sur Leibniz fut très restreinte, il en est tout autrement de son action sur Maupertuis. M. Mabilleau apprécie peu le faux docteur Baumann et son *Système de la nature;* mais l'étude développée qu'en a faite M. Pillon ne nous permet pas d'être de cet avis. Citons, comme exemple, son argumentation si précise contre l'atomisme d'Épicure : " Pour renverser un tel système, dit-il, il suffit de demander à ceux qui le soutiennent comment il serait possible que des atomes sans intelligence produisissent une intelligence. Croient-ils que l'intelligence se tire du néant elle-même? Car elle naîtrait du néant si, sans qu'il y eût aucun être qui contînt rien de sa nature, elle se trouvait tout à coup dans l'univers. „ Ajoutons que Maupertuis se distingue de Leibniz en ce que, sous réserve de l'âme indivisible et immortelle qu'exigent les idées morales, il enseigne que chaque élément, en s'unissant aux autres, perd la conscience du *soi* et concourt à former la conscience du tout.

Sans nous arrêter à Lemaire et Roiset, ni à Mme Clémence Royer et quelques autres, sans entrer non plus, pour les raisons que nous avons déjà dites, dans la discussion du livre consacré à l'atomisme dans la science, résumons brièvement les conclusions personnelles de l'auteur. Admettant, avec Leibniz, le progrès de la monade et, par suite, la subordination des éléments inférieurs autour d'un centre plus parfait, il échappe à la conclusion que l'esprit ne serait que la résultante des combinaisons organiques. Ainsi est sauvegardé le principe de l'*unité de l'esprit*, postulat de la conscience et de la raison. " L'organisme serait l'ensemble des monades inférieures groupées, dès le premier moment, par la monade séminale, et peu à peu entraînées dans le mouvement des fonctions vitales, sous l'influence active et directrice du principe d'unité, qui ne serait autre que l'esprit... Le corps est le sujet des perceptions de l'âme et, le corps manquant, l'âme ne serait plus qu'une puissance pure. De même, une âme ne saurait passer d'un être dans un autre, parce qu'il y a,

comme dit Aristote, une adaptation rigoureuse de l'unité à la proportion qu'elle détermine et régit. „

D'autre part, par son impuissance radicale à faire sortir la matière, par elle-même, du chaos de la division, l'atomisme fait ressortir la nécessité d'une loi *transcendante* pour grouper les unités isolées en systèmes et ordonner les systèmes de façon à obtenir la résultante universelle. " L'atomisme suppose une finalité interne en chaque être et un plan externe pour tous. Au dehors comme au dedans, l'atome n'est rien que par la pensée; c'est elle qui le *meut* en tant qu'il est *force*, c'est elle qui le dirige en tant qu'il est *matière : Spiritus intus alit, — Mens agitat molem.* „

GEORGES LECHALAS.

III.

DIE RESTE DER GERMANEN AM SCHWARZEN MEERE. Eine ethnologische Untersuchung von DR. RICHARD LOEWE. — Halle, Niemeyer, 1896. — Un vol. in-8° de XII-270 pp.

Il y a beau temps déjà que le problème soulevé dans l'ouvrage de M. Loewe passionne les ethnologues. Le 16 décembre 1562, Auger Busbecq, le célèbre ambassadeur de la cour d'Autriche à Constantinople, écrivait, dans sa quatrième lettre sur la légation de Turquie : " Je ne saurais passer sous silence les renseignements recueillis sur une population qui, aujourd'hui encore, occupe la Chersonèse Taurique, et dont j'avais entendu parler fréquemment comme accusant par son langage, ses mœurs, sa physionomie même et ses caractères anthropologiques, une origine germanique. J'avais donc depuis longtemps le désir de voir quelque représentant de cette nation et aussi d'obtenir par lui, si c'était possible, quelque document écrit dans sa langue. Mais mon espoir avait été déçu. Toutefois, le hasard vint donner quelque satisfaction à ma curiosité. Il arriva ici deux délégués de cette tribu, chargés de déférer au sultan je ne sais quelles plaintes de la part de leurs concitoyens. Mes interprètes les rencontrèrent, et se rappelant que je leur avais autrefois demandé de me communiquer, le cas échéant, ce qu'ils apprendraient au sujet de ce peuple, ils m'amenèrent à dîner les deux

envoyés. L'un des deux était de taille élancée; tout son extérieur respirait une sorte de simplicité ingénue, on l'eût pris pour un Flamand ou un Hollandais. L'autre était plus petit, d'apparence plus massive. Son teint était sombre. Comme il était d'origine grecque, la langue hellénique lui servait d'idiome maternel. Toutefois, un fréquent commerce avec les tribus de la Chersonèse lui avait acquis une pratique très suffisante de leur langue. Au contraire, le premier, grâce au voisinage de la Grèce et à des relations suivies avec ce pays, s'était tellement approprié leur langage qu'il avait oublié le dialecte de ses compatriotes (1).„

Busbecq essaie en outre de déterminer à quelle race appartenaient les deux envoyés de la Chersonèse rencontrés par lui à Constantinople. " Je ne saurais, dit-il, décider si ce sont des Saxons ou des Goths. Si ce peuple est saxon, je pense qu'il aura été poussé en ce pays par Charlemagne, qui dispersa cette nation en différentes contrées du globe. La preuve en serait dans le grand nombre de villes de la Transylvanie qui sont, même de nos jours, occupées par des Saxons. Il se pourrait que les tribus les plus sauvages eussent été reléguées dans la Tauride jusqu'en Chersonèse, où elles ont gardé jusqu'à ce jour la religion chrétienne au milieu des populations infidèles. Si ce sont des Goths, je crois qu'ils habitaient jadis un territoire limitrophe des Gètes. On ne sera pas dans l'erreur, sans doute, en affirmant que la majeure partie de la région comprise entre les îles de Gothie et de Prœcope (2) était autrefois au pouvoir des Goths. „

Enfin, après avoir décrit, dans les termes que nous venons de traduire, les caractères anthropologiques des Goths de Crimée, Auger Busbecq insiste longuement sur la langue de ce peuple. Il donne une double liste, l'une de trente-neuf mots, l'autre de vingt-sept. L'identité des termes de la première avec les idiomes germaniques saute aux yeux; pour ceux de la seconde liste, cette identité est moins évidente, mais une analyse philologique patiente parvient à l'établir pour la plupart des cas.

C'est en notre siècle que les pages curieuses de Busbecq attirèrent vivement l'attention des philologues et des ethno-

(1) *Augeri Gislenii Busbequii de legatione turcica epistolae quatuor* éd. de Leyde, 1633, pp. 321-327.

(2) La Gothie formait le sud de la Crimée actuelle, et ce que Busbecq appelle l'île de Prœcope est évidemment le territoire de la ville moderne de Perecop. Voir Sprüner-Menke, *Hand-Atlas für die Geschichte des Mittelalters und der neueren Zeit*, 3e édit., 1880, no 68.

graphes. Les premières interprétations furent peu scientifiques. C'est ainsi que J. Kickx (1), à la suite de Des Roches (2), avait cru reconnaître des Scythes dans les indigènes signalés par Busbecq. Heffner (3) adoptait l'hypothèse de l'historien allemand Henzel, retrouvant ici les Boïens, peuplade gauloise du centre de l'Europe, émigrée en Asie mineure et connue plus tard par les Grecs et les Romains sous le nom de Gallo-Grecs ou Galates.

Personne n'a ratifié l'opinion de Busbecq relativement à la possibilité d'apparenter les habitants de la Chersonèse aux Saxons, et c'est la seconde de ses hypothèses, celle qui en fait des Goths, qui rallie aujourd'hui tous les suffrages, et qui ressort des travaux philologiques de Massmann (4), Mannhardt (5), Förstemann (6), Kremer (7), Ihre (8), Diefenbach (9), von der Gabelentz et Loebe (10), Le Marchant Douse (11), Tomaschek (12).

Il est piquant de rapprocher de ces nombreux et intéressants travaux, provoqués par la lettre de Busbecq, l'observation qu'elle suggérait, au XVIIIe siècle, à l'abbé de Foy, l'un de ses traducteurs : " Dans cet endroit, Busbecq, pour faire voir le rapport que la langue de cet insulaire avait avec la sienne, rapporte un grand nombre de mots dont j'ai cru devoir épargner l'ennui au lecteur; cette nomenclature ne m'a pas paru assez intéressante pour que je crusse être dans le cas d'encourir des reproches sur la liberté que je prends en la retranchant de ma traduction (13). " Que dirait aujourd'hui l'abbé de Foy en voyant avec quel soin minutieux l'érudition contemporaine a commenté le passage des œuvres de Busbecq si dédaigné par lui ?

En 1884, au Congrès archéologique d'Odessa, on avait posé la question suivante : *De quelle nation étaient les étrangers*

(1) BULLETINS DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, t. VI, p. 211.
(2) *Histoire ancienne des Pays-Bas autrichiens*, p. 37.
(3) *Notice sur Auger-Ghislain de Busbeck*, p. 132-134.
(4) HAUPT'S ZEITSCHR. F. D. ALT., t. I, pp. 345 et suiv., et SITZUNGSBERICHTE DER GEOGR. GESELLSCH. IN BERLIN, 1851, pp. 14 et suiv.
(5) *Ueber eine gothische Mundart*, dans ZEITSCH. F. VERGLEICHENDE SPRACHFORSCHUNG, t. II, pp. 166-181.
(6) *Geschichte des deutschen Sprachstammes*, t. II, pp. 158-170.
(7) *Beiträge* de Paul et Braune, t. VII, p. 415.
(8) Introduction au *Glossarium suio-gothicum*.
(9) *Vergleichendes Wörterb. der gothischen Sprache*.
(10) Introduction à la grammaire gothique publiée par Migne, *P. L.*, t. XVIII, p. 894.
(11) *Introduction to the Gotic of Ulfilas*, p. 5.
(12) *Die Goten in Taurien*, pp. 57-67.
(13) *Lettres du baron de Busbecq*, t. II, p. 308.

venus de la Crimée qui se présentèrent à Busbecq, ambassadeur allemand à Constantinople ? M. C. G. Curtis, dans sa réponse (1), chercha à établir que ces étrangers étaient des Varègues, les descendants de la garde palatine de Byzance dont parle Codinus (2).

Après tant de recherches qui se sont succédé depuis un demi-siècle, M. Loewe a pensé qu'il y avait encore à glaner. En effet, ces recherches n'avaient pas abouti sur tous les points. Il restait bien des témoignages intéressants à recueillir sur les Goths de Crimée ; plusieurs des termes du vocabulaire dressé par Busbecq étaient demeurés inexpliqués ou avaient reçu de fausses interprétations. La phonétique de cette langue germanique avaient été complètement négligée. On ne s'était guère occupé des caractères anthropologiques de ce peuple oublié, et l'on n'avait pas davantage essayé de refaire son histoire. En un mot, on s'était surtout contenté de relever les indices de son existence à travers les siècles, de caractériser son idiome et sa nationalité.

M. Loewe a voulu combler toutes les lacunes que nous venons de signaler dans les travaux de ses devanciers. Il a même élargi le sujet, et bien que les Goths de la Crimée aient la grosse part de son volume, il a pourtant étendu ses investigations à tous les descendants des races germaniques groupés autour de la mer Noire. En effet, outre les Goths de la Crimée, il y a là en Bithynie, sur les côtes de l'Asie mineure, les Γοτθογραῖκοι signalés par Théophane (3), et les Δαγοτθηνοί mentionnés par Constantin Porphyrogénète (4). Dans le Caucase, on connaît les tribus germaniques des Εὐδουσιανθί et des Τετραξῖται. Enfin en Europe, en Mésie, il y eut, non loin de Nicopolis, sur les bords de la mer Noire, les *Gothi minores*, appelés aussi Goths de Mésie.

Mais, je le répète, c'est aux Goths de Crimée que M. Loewe accorde toute son attention. Il commence par rechercher dans l'histoire tous les témoignages qui ont précédé et suivi celui d'Auger Busbecq, depuis le VIIIe jusqu'au XVIIIe siècle. Nous en citerons quelques-uns. Vers la fin du VIIIe siècle, les habitants du Pont étaient diocésains des évêques de Chersonèse et de *Gothie* (5). Les Bollandistes ont publié les Actes d'un évêque

(1) *Compte rendu du Congrès archéologique d'Odessa*, t. II, 1889, pp. 186-191.
(2) *De Officiis palatii*, éd. de Bonn, 1839, cap. VI.
(3) Éd. de Boor, t. I, p. 385.
(4) *De Thematibus*, lib. I, éd. de Bonn, t. III, p. 25.
(5) Surius, *Vita S. Stephani*, ad d. 28 nov.

Jean de Gothie (1), et dans la légende de saint Cyrille, l'apôtre des Slaves, le nom des Goths apparaît dans une énumération des peuplades de la Chersonèse (2). En 1245, une lettre du pape Innocent IV adressée, le 22 mars, aux Frères-Mineurs des régions orientales, mentionne les Goths parmi les peuples de ces régions (3). Le 20 mai 1253, Rubruk, envoyé par saint Louis au grand Khan de Tartarie, abordait en Chersonèse, et, dans la description qu'il fait de ce pays, on relève le passage suivant : " Entre Cherson et Soldaia, il y a quarante châteaux-forts ; les habitants de chacun d'eux ont leur idiome particulier. Parmi eux, il y avait beaucoup de Goths, qui parlent un idiome teutonique (4). „ En 1305, Jean de Montcorvin remarque que, pour aller en Asie, la route qui passe par la " terre des Goths „ est plus courte et plus sûre (5). Dans le bref de Jean XXII, donné le 5 juillet 1333 au Frère Richard d'Angleterre (6), il est aussi question de la " terre de Gothie „. Il y a enfin de la même époque des pièces, publiées par Silvestre de Sacy, où la Gothie est mentionnée et où l'on parle du " *Capitaneatus Gothiae* (7) „.

Sur les Goths de Crimée nous possédons des renseignements plus explicites encore dans certaines relations de voyages, notamment dans celles de Jean Schiltperger, bourgeois de Munich, qui visita la Chersonèse en 1427, et du Vénitien Josaphat Barbaro en 1436. Le premier cite en Crimée une région du nom de *Kuthi*, où était en usage la langue *Kuthia* (8). Sous une forme arménienne ou tartare, nous avons là une variante du terme *Gothia*. Le rapport de Barbaro est plus significatif encore : il confirme d'une manière frappante ce que Rubruk écrivait deux cents ans auparavant. En effet, le voyageur vénitien raconte que les Goths de la Crimée parlaient une langue tudesque et qu'ils se faisaient parfaitement comprendre d'un de ses serviteurs qui était allemand (9).

Le XVIe siècle fournit, outre la lettre déjà citée de Busbecq,

(1) *Act. SS.*, Iunii t. V, pp. 184-194.
(2) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 26 ; Loewe, pp. 113, 114.
(3) Élie Berger, *Les Registres d'Innocent IV*, t. I, p. 208, n° 1362.
(4) *Recueil des mémoires et des voyages, publié par la Société de géographie de Paris*, t. IV, p. 219.
(5) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 16.
(6) Theiner, *Monum. Polon. et Lithuan.*, t. I, p. 347.
(7) *Notices et extraits des manuscrits*, t. XI, 1827, p. 52.
(8) Ed. de Karl Fr. Neumann, Munich, 1859, p. 135.
(9) *Viagi fatti da Vinetia alla Tana*, 1545, p. 18 *b*.

trois mentions des Goths de Tauride. La première vient de Matthias de Miechow, qui écrivait en 1517 (1). Dans son récit de la destruction de Mancup, la principale place forte des Goths orientaux, cet auteur constate que les chefs de Mancup étaient Goths de race et d'idiome, et que, en les mettant à mort, eux, les seuls restes de la langue et de la nationalité gothique, Mahomet II détruisait à tout jamais les Goths, qui avaient déjà disparu depuis longtemps d'Italie, d'Espagne et de France. Leur destruction ne dut pas toutefois être aussi complète que le prétend Miechow, puisqu'en 1555, Conrad Gessner affirmait que les Goths survivaient dans les montagnes de Crimée et qu'ils cultivaient la vigne avec succès (2). En parlant de la *Kuthia*, que nous avons dit être la Gothie, Schiltperger constate également que cette région était riche en vins (3). Peut-être même n'est-il pas invraisemblable que les Goths donnaient à leur pays le nom de *Veinagards* " vignoble ", s'il faut en croire Synesius qui parle de Οὐννιγάρδαι (4). Suidas écrit le même nom sous la forme Ὀϊνγάρδαι (5), et chez Zonaras on lit Οὐϊνγάρδαι (6). Un autre détail fourni par Gessner constate l'existence prolongée des Goths après la ruine de Mancup, quand il nous apprend qu'ils devaient fournir au Khan de Tartarie un contingent de huit cents mousquetaires.

La correspondance de Leibniz et de Ludolf montre que ces deux érudits se préoccupèrent vivement de vérifier les renseignements donnés par Busbecq (7). Mais il ne semble pas que leur curiosité ait jamais été satisfaite. Pourtant en 1699, Jean Peringskiöld, dans les notes dont il éclaire l'édition de la *Vita Theodorici regis Ostrogothorum* de Cochlaeus (8), écrit ce qui suit : " Le spathaire Nicolas, interprète moldo-valaque du Czar, qui fut, sous la minorité de Charles XI, ambassadeur auprès de la cour de Constantinople, déclare qu'il y a en Crimée environ trois cents villages habités par des indigènes d'origine gothique, se servant d'une langue teutonique et des rites des chrétiens. Ils

(1) *De duabus Sarmatiis, Asiana et Europeana*, p. 22.
(2) *Mithridates*, p. 42.
(3) *Loc. cit.*, vide supra.
(4) Synesii *Epist.*, 18, p. 300.
(5) *Suidae Lexicon*, ed. Bekker, p. 762.
(6) *Lexicon*, s. v. Lipsiae, 1802.
(7) *Leibnitii opera omnia collecta studio Ludovici Dutens*, t. VI, pp. 105, 109, 110, 112.
(8) Stockholm, 1699, p. 348.

ont pour évêque un prélat goth, qui réside à Caffa, autrement appelée Theodosiopolis, ville située sur le Bosphore cimmérien. » Sans doute, M. Loewe relève dans ce témoignage bien des inexactitudes de détail ; le fonds pourtant est à retenir.

Le témoignage du spathaire Nicolas clôt la série des renseignements certains sur l'existence des Goths de la Crimée, et M. Loewe est d'avis que c'est caresser un espoir chimérique que d'attendre le moindre résultat des recherches ethnographiques entreprises dans le but de retrouver des descendants des Goths décrits par Busbecq.

Il faut se borner aux documents que les temps passés nous ont livrés. Aussi bien, l'ouvrage de M. Loewe prouve qu'ils peuvent largement alimenter la critique. Sur les soixante mots du vocabulaire des Goths de Crimée livré par Busbecq, M. Loewe a réussi à établir une phonétique complète.

Voici les conclusions générales qui ressortent de cette étude. Le gothique de la Crimée était un dialecte germanique de l'ouest, et a de commun avec l'allemand ses deux modifications phonétiques principales et essentielles, l'allongement tonique et l'affaiblissement de toutes les voyelles atones en brèves. Un Allemand, en conversation avec un Goth de Crimée, a dû comprendre en très grande partie ce que lui disait son interlocuteur. Le gothique de la Crimée ressemblait plus à l'allemand et au bas-allemand que l'anglais et les dialectes nordiques. Il subit moins de transformations phonétiques que ces derniers idiomes, et s'associa moins d'éléments étrangers que l'anglais. Ce n'est donc pas par simple hasard que Rubruk a pu dire que les Goths de la Crimée parlaient *teutonice*, que Barbaro employait l'expression *in tedesco* et que Cureus qualifiait l'idiome en question de *teutsch*. De plus, c'est surtout du bas-allemand et même du néerlandais que se rapproche le gothique de la Crimée. Peut-être cette dernière conclusion paraîtra-t-elle suspecte, et l'on se dira que les transcriptions de Busbecq ont pu être influencées par sa qualité de West-Flamand, Busbecq étant originaire de Comines. M. Loewe démontre qu'il n'en est rien, et que l'ambassadeur de la cour de Vienne a traduit scrupuleusement les sons tels qu'il les percevait chez son interlocuteur.

Mais d'où sont venus les Goths qui ont si longtemps habité la Crimée ? M. Loewe voit en eux des restes de la nation des Hérules qui, par le Danube, se sont établis sur le Palus Méotide et se sont ensuite infiltrés dans le Caucase et en Crimée. Toutefois, ils ont perdu de bonne heure le nom particulier de leurs

ancêtres pour prendre celui plus générique de Goths, ou, pour mieux dire, les écrivains qui en ont parlé ont oublié la dénomination spéciale de leur tribu et les ont confondus sous le vocable universel de la race. Aussi M. Loewe n'est-il pas heureux dans le tour de force étymologique qu'il tente à propos de Timothée, le patriarche intrus d'Alexandrie, surnommé " le chat „ αἴλουρος. M. Loewe voit ici une corruption, par étymologie populaire, de Ἕλουρος pour Ἕρουλος, *Hellurus* pour *Herulus*. Cela est bien peu probable, et, en tout cas, aurait besoin d'une solide confirmation.

M. Loewe commente aussi longuement la lettre de Busbecq au point de vue anthropologique, et il en compare les données avec les récits d'autres voyageurs. Jusqu'à quel point les Hérules parvinrent-ils à se garder purs de tout mélange avec toutes les races qui vinrent se heurter dans la presqu'île de Crimée, Grecs, Tartares, Turcs, voilà qui est difficile à établir avec une complète précision, d'autant plus que les caractères ethnographiques signalés par Busbecq ne sont pas absolument décisifs.

Nous sommes sur un terrain aussi peu ferme, et M. Loewe ne se le dissimule pas, quand on cherche à déterminer les usages, les mœurs, le degré de civilisation des Goths de la Crimée. Faire le départ de ce qui leur appartient en propre et de ce qu'ils ont de commun avec leurs voisins d'autres races, n'est pas une entreprise aisée. En effet, ce que des historiens, comme Procope (1), rapportent à cet égard, n'est pas suffisamment caractéristique.

Il y a pourtant un côté de la civilisation gothique en Crimée qui semble bien frappant, et qui malheureusement a échappé aux investigations de M. Loewe. Nous voulons parler de la bijouterie des Goths. En effet, on a découvert en Crimée des pièces d'orfèvrerie très intéressantes, dispersées aujourd'hui dans le British Museum, la collection John Evans, l'Ermitage impérial à Saint-Pétersbourg, les musées archéologiques de Moscou et de Kertch. Il y a là en particulier des boucles de ceinture absolument semblables à celles qui étaient en usage chez tous les conquérants de l'Empire romain, des fibules d'or de la même facture que celles du trésor gothique de Szilagy-Somlyó en Hongrie, et des plaques cloisonnées du même dessin que la bordure de la couronne de Recesvinthus, conservée au

(1) *De aedificiis*, lib. III, cap. 7.

musée de Cluny. Ces recherches, dont les résultats ont été popularisés en France par M. le baron de Baye (1) et en Allemagne par M. le Dr Grempler, de Breslau, nous semblent d'une grande importance pour l'ethnographie des Goths de la Crimée et du Caucase. Nous les signalons à la sagacité de M. Loewe, afin qu'il les mette en œuvre, et que de ces données archéologiques il tire des conclusions qui viennent corroborer les déductions historiques et philologiques auxquelles son ouvrage a fait surtout appel.

Le lecteur s'est aperçu que, dans le compte rendu que nous faisons du livre de M. Loewe, les choses intéressantes qu'il rapporte nous ont préoccupé bien plus que la personne de l'auteur. Preuve très évidente, à elle seule, de la valeur de son œuvre, et de la façon méritoire avec laquelle il l'a exécutée. Nous nous en voudrions toutefois de ne pas rendre un hommage explicite à l'érudition étendue de M. Loewe. Son livre représente une somme de recherches considérables, où, à part le dernier point que nous avons signalé, il serait difficile de trouver une lacune, de produire un document ignoré. L'interprétation des témoignages est marquée au coin d'une sage critique, tous les textes sont discutés, et l'autorité des témoins scrupuleusement établie. Même compétence et égale fermeté dans les discussions philologiques, à l'exception toutefois du mot αἴλουρος dont nous avons parlé. En un mot, le travail de M. Loewe nous semble être un modèle de monographie ethnologique.

J. Van den Gheyn, S. J.

IV.

Le Congo. Quatre conférences publiques données par M. Hubert Droogmans. In-8°, 122 pp. et 1 carte. — Bruxelles, Van Campenhout, 1894.

Mieux que tout autre, M. Droogmans était à même de mener à bien la mission qu'il a assumée. Attaché depuis quelques

(1) Voir : *Les Bijoux gothiques de Kertch*, Revue archéologique, 1888 ; — *L'Art chez les Barbares à la chute de l'Empire romain*, L'Anthropologie, 1890, t. I ; *La Bijouterie des Goths en Russie*, Mémoires de la Société nationale des antiquaires de France, 6e série, t. I, 1890.

années déjà à l'administration de l'État Indépendant du Congo, il en connaît admirablement les rouages, et il a pu puiser à pleines mains dans la féconde mine des renseignements officiels ou des compagnies commerciales. On dira peut-être que son travail confine au panégyrique. Sans doute, mais cet enthousiasme, inspiré par le brillant avenir qui semble réservé à l'œuvre congolaise, n'est-il pas légitime ?

Si nous exceptons la publication de M. Chapeaux, cette œuvre n'a guère été étudiée dans son ensemble. L'intérêt que présente le travail de M. Droogmans est donc d'autant plus grand.

Les deux premières conférences paraissent de beaucoup les plus importantes. Dans la première, nous trouvons des considérations générales sur l'État du Congo. Ce sont les vues toutes personnelles de l'auteur.

Les Belges sont à l'étroit dans leur petit pays ; l'industrie a besoin de débouchés ; le Congo se présente avec ses richesses et ses trente millions d'habitants avides d'articles manufacturés. Parmi les marchandises ayant cours en Afrique, et dont la fabrication rémunératrice est possible en Belgique, figurent les tissus de laine et de coton, les armes, les vêtements, la faïencerie, la verrerie, la coutellerie, la quincaillerie, la ferronnerie, la bimbeloterie, etc.

En échange de ce que nous leur offrons, les Noirs donnent pour le moment, outre l'ivoire, quantité de produits que nous détaillerons en parlant de la flore du pays.

Tout en rompant une lance contre des préjugés assez répandus: impossibilité pour les Belges, en raison de l'Acte de la Conférence de Berlin de 1885, d'établir au Congo leur suprématie commerciale, insalubrité du climat, inaptitude du Nègre au travail, attitude hostile des populations indigènes envers les Blancs, M. Droogmans montre combien les colonies sont précieuses au développement des métropoles ; puis il dit un mot du côté philanthropique et humanitaire de l'œuvre africaine : l'émancipation et l'éducation de la race indigène. Cette éducation doit avoir pour objet l'amélioration de son état physique et social. Trois facteurs aideront au relèvement du Noir : l'État, les missions religieuses, et le commerce.

L'exploration et comme conséquence la connaissance de la géographie et des productions végétales, minières et animales du Congo, font l'objet de la deuxième conférence. L'immense blanc, qui caractérisait l'Afrique centrale de nos cartes, a presque entièrement disparu depuis la création de l'Association interna-

tionale du Congo. L'auteur donne quelques notions générales sur le grand fleuve africain, sur le relief du plateau qu'il arrose et sur l'aspect du pays au point de vue de la nature végétale. La partie navigable du Congo et de ses tributaires atteint 1300 kilomètres, non compris le Tanganyika, d'une superficie totale de 31 400 kilomètres carrés.

Au point de vue orographique, le bassin congolais est caractérisé par l'absence complète de chaînes centrales. Dans le Congo inférieur se profilent perpendiculairement au fleuve des rangées de hauteurs d'une altitude de 700 mètres environ. Les accidents de terrain qui se rencontrent entre le Stanley Pool et les sources du Luapula ne forment pas de lignes de relief proprement dites. Malgré leur altitude parfois voisine de 1500 mètres ils sont simplement le produit d'une érosion violente des eaux.

Sous le rapport végétal, les aspects du pays ne sont guère variés. Dans le Bas-Congo, l'ensemble est dénudé, d'apparence triste et pauvre; dans la région des chutes, le sol est généralement parsemé d'herbes géantes; entre le Kwango et le Kassaï, et de là jusqu'à la frontière orientale de l'État et aux affluents méridionaux de l'Uellé, s'étendent à perte de vue des prairies ombragées de bouquets d'arbres, que des auteurs appellent la savane boisée. Les hauts plateaux qui se dressent à l'ouest du Tanganyika ont un sol argileux d'une excessive fertilité.

La flore du bassin du Congo est riche. Parmi les principaux spécimens figurent : le *palmier à huile* ou *Elaïs guineensis*; sa hauteur est de 8 à 10 mètres; il fournit du vin et de l'huile comestible ou industrielle; le *baobab*, le géant des végétaux, qui se trouve surtout en deçà du Stanley-Pool; son écorce sert à la fabrication du papier d'emballage; le *bananier*, dont le fruit parfumé constitue, avec le pain de manioc et la patate douce, la nourriture principale des indigènes; les *Landolphia* ou lianes à caoutchouc, une des principales richesses du pays, très-exporté; son prix est de sept francs le kilogramme; le *kola*, ressemblant à la prune et ayant des propriétés pharmaceutiques bien établies; il produit en deux récoltes 50 kilogrammes de noix par année moyenne; l'*arbre à copal*, qui procure une gomme utilisée en Europe dans la fabrication du vernis; la *canne à sucre*; le *manioc*, dont la farine fournit un pain passable; l'*arachide* : on extrait de ses fruits une huile propre à l'éclairage, au graissage des machines et à la fabrication du savon; le *sorgho*, encore un produit donnant un pain noir assez lourd, et de la bière; le *maïs*, le *riz*, le *millet*, le *tabac*; le *sésame*, d'où s'extrait une

huile très comestible; le *ricin*, le *piment*, le *cubèbe*, la *vanille*, le *caféier*, l'*oranger*, la *vigne* et quantité d'autres fruits; enfin d'excellentes essences forestières (bois de construction, d'ébénisterie et de teinture) : le *teck*, le *bois de rose*, le *hêtre*, l'*ébène*, l'*acajou*, le *cèdre africain*, l'*acacia*, le *santal*, etc.

Au cours de sa troisième conférence, M. Droogmans a entretenu son auditoire des principales peuplades congolaises : il montre leur manière de vivre, leurs mœurs et coutumes souvent étranges, leur naïveté et leur tendance à croire au surnaturel, leurs aptitudes commerciales et industrielles; en un mot leur vie sociale.

Citons notamment chez plusieurs tribus : l'anthropophagie, le tatouage, les soins donnés à la coiffure, etc., et chez la plupart la polygamie, la danse, le chant, les pratiques, souvent barbares, accompagnant les décès, l'organisation sociale en trois classes : les nobles ou riches, les hommes libres, et les esclaves; enfin une vague idée de l'existence d'une divinité suprême, idée qui n'est accompagnée ni de prière ni d'invocation.

Dans les régions du Bas-Congo est implantée l'adoration des fétiches; le féticheur, espèce de médecin-sorcier, peut être considéré comme le ministre du culte; il se recrute dans une véritable société secrète *(N'Kimba)*, où les jeunes gens reçoivent l'initiation.

Dans le Haut-Congo, les indigènes n'ont pas d'idoles proprement dites. Ils croient aux mauvais sorts et consultent les oracles.

Le travail de M. Droogmans se termine par l'étude de la situation économique et de l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant du Congo.

Nous connaissons déjà les produits du sol. Ajoutons que l'État a entrepris de grandes cultures de caféiers et cacoyers, dont la prospérité paraît assurée.

Les richesses du sous-sol ne sont guère connues. On a cependant signalé des gisements de fer et de cuivre.

L'iudustrie indigène est rudimentaire, mais remarquable toutefois eu égard aux instruments de travail dont disposent les Noirs. Le forgeron fournit des armes : lames de poignards, fers de lance, pointes de flèche acérées, etc., des poinçons de bateliers, des hameçons délicats, des hachettes, des houes, des couteaux pour l'agriculture, des clous, des rasoirs(!), de grands couteaux d'exécution et de parade, des colliers, des épingles à cheveux.

des anneaux de fer et de cuivre, des clochettes de féticheurs et des grelots de guerre.

A l'industrie métallurgique il faut ajouter le tissage des fibres d'arbres et de plantes : palmier, baobab, ananas, coton ; la vannerie, la poterie, la sculpture sur bois et sur cuivre, le travail du bois (pirogues, pagaies, lits, fétiches, portes pour chimbecks, coupes sculptées, aiguilles à coudre, sifflets, etc.); la fabrication des instruments de musique : tambours ayant jusque six mètres de longueur, arcs sous-tendus d'un brin d'herbe, *marimba* ou petite boîte ayant à sa partie supérieure une demi-douzaine de lames en fer fixées sur une tringle au moyen d'un fil de fer, mandoline, guitare, etc.; la confection des engins de pêche : nasses, filets en cordes.

Le commerce n'est pas encore très développé ; le caoutchouc et l'ivoire seuls sont assez rémunérateurs. Mais le Noir a l'esprit commercial : l'on s'en convainc par l'acharnement qu'il met à débattre le prix de sa marchandise.

Pour compléter le tableau de la situation économique de l'État du Congo, il faut rappeler l'immense réseau fluvial, qui s'étend sur tout le bassin intérieur de ce fleuve, et qui n'atteindra sa valeur maxima qu'après l'achèvement du chemin de fer des cataractes.

On connaît l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant. Le roi Léopold II en est le souverain. Il exerce le pouvoir, en Europe, par l'intermédiaire d'un secrétaire général qui dirige les départements de l'Intérieur, des Finances, et des Affaires étrangères, à la tête desquels sont placés des secrétaires; en Afrique, avec l'aide d'un gouverneur général, qui obéit à l'impulsion donnée par le gouvernement central, et est secondé par des inspecteurs d'État, des directeurs de service, des commissaires de districts, des cours de justice, etc.

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

V.

La Défense des États et la Fortification a la fin du XIXe siècle, par le Général Brialmont. — Bruxelles, E. Guyot, 1895. — 1 vol. in-8°, XVIII-349 pp. et un atlas in-f° de XVII planches.

Voilà quarante ans que l'auteur est sur la brèche pour réformer l'enseignement de la fortification et pour étudier la défense des États et les meilleurs types d'ouvrages défensifs. Durant ce long cycle, vaste période de transformations continues, il s'est produit dans les travaux de M. Brialmont, il en fait l'aveu sans détour, des hésitations, des tâtonnements, voire des contradictions. Le moment lui semble venu " de résumer ces études, de les compléter et d'en retrancher ce qui n'a pu résister à l'épreuve d'une discussion approfondie ".

Ce nouveau travail comprend une introduction (pp. I-XVIII); une première partie où il est traité de la Défense des États (pp. 1-60) ; une seconde partie qui concerne la Fortification proprement dite (pp. 61-308); enfin quatre annexes (pp. 309-342).

Dans l'introduction, le général plaide sa propre cause, c'est-à-dire qu'il explique la marche de ses idées, exposées, depuis 1863, dans plusieurs savants ouvrages.

En 1863, parurent les *Études sur la défense des États et la fortification* (1). Elles avaient pour but de provoquer une réforme dans l'enseignement de la fortification, resté stationnaire depuis un siècle ; de répondre aux critiques qu'avaient faites des travaux de défense d'Anvers, alors en cours d'exécution, des ingénieurs pour qui le tracé bastionné était supérieur à tous les autres, et le fusil plus efficace que le canon dans la défense des places ; enfin de produire des fronts polygonaux, plus complets et moins défectueux que ceux construits sur le Rhin après 1815 (à Coblentz et à Rastadt), et basés sur " un plus large emploi de l'artillerie, sur un meilleur mode de flanquement et sur l'établissement d'une partie de l'armement dans des casemates cuirassées ou dans des coupoles ".

Grâce à cette dernière mesure, on abritait les ouvrages contre les ravages des mortiers rayés, dont l'auteur prévoyait la prochaine introduction dans les parcs de siège. La première coupole construite pour la défense des places a été établie en 1862 sur le réduit du fort n° 3 d'Anvers. Le général Brialmont en fit le projet en 1861, en collaboration avec le capitaine Coles, de la marine anglaise. Rappelons que les forts qui enserrent la métropole commerciale belge appartiennent à l'époque de transition, caractérisée par le passage de l'artillerie lisse à l'artillerie rayée.

Les *Études* de M. Brialmont provoquèrent " des discussions

(1) Bruxelles, 3 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

qui furent particulièrement vives en France et en Belgique, où les principes de l'École de Metz avaient encore de nombreux partisans „. Ces discussions engagèrent le général " à préciser et à compléter ses idées sur la constitution des camps retranchés, sur le tracé des enceintes et des forts, sur le flanquement des fossés, l'organisation et l'armement des remparts, et à les appliquer aux divers cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Ces applications font l'objet du *Traité de fortification polygonale*, qui parut en 1869 (1), et de la *Fortification à fossés secs*, qui date de 1872 (2) „.

Dans ces écrits, l'auteur a tenu compte des propriétés — alors parfaitement connues — des canons rayés, qui avaient fait leur apparition sur les champs de bataille de l'Italie. Mais contrairement à ses prévisions de 1863, les parcs de siège n'étaient pas encore dotés, en 1869 et en 1872, d'obusiers ou de mortiers rayés qui, " par l'extrême précision de leur tir et les grands effets de leurs obus à balles, sont bien plus redoutables que les canons pour le personnel et le matériel des places fortes „. Ce fut seulement en 1885 que le général produisit, dans " *La Fortification du temps présent* (3), des types de forts satisfaisant à toutes les nécessités créées par l'emploi de ces nouvelles bouches à feu „. La fortification du temps présent ne fut point celle de l'avenir. En 1886, au polygone de Cummersdorf, et en 1887, au fort de la Malmaison, à Paris, on lançait avec des mortiers rayés — sans danger pour servants ou bouches à feu — de longs obus contenant jusque 33 kilogrammes de mélinite ou de coton-poudre. La consternation et le découragement furent grands parmi les officiers du génie, qui crurent passé le temps de la fortification permanente.

Au lieu de suivre ce courant, le lieutenant général Brialmont tira des faits la conclusion " qu'il faudra désormais protéger l'artillerie des forts par des cuirassements, renforcer l'épaisseur de toutes les maçonneries et remplacer les matériaux employés jusqu'à présent par du béton de ciment Portland et de galets siliceux, ou de fragments de granit „.

Ce sont ces nouveaux types de forts qu'il présenta en 1888 dans l'*Influence du tir plongeant et des obus-torpilles sur la fortification* (4). Il lui fut impossible " d'indiquer exactement

(1) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(2) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(3) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(4) Bruxelles, 1 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

les épaisseurs à donner aux voûtes, aux revêtements, aux murs de masque et de soutènement, parce que l'on ne connaissait pas alors — on ne les connaît même pas aujourd'hui — les résultats des tirs de démolition exécutés avec des obus-torpilles en France et en Allemagne „.

Mais on peut légitimement conclure des épaisseurs de voûtes et de murs adoptées ultérieurement par les ingénieurs français et allemands, et qui diffèrent peu des épaisseurs admises par le savant général belge, que le problème de la construction de forts permanents en état de résister aux nouveaux moyens d'attaque est pratiquement résolu.

Si on parvient même à découvrir des explosifs plus puissants que ceux actuellement employés — il en existe — et qui n'éclatent point en se décomposant ou en étant soumis au choc du tir, " il n'y aurait pas encore lieu de désespérer de la fortification permanente, car, en vertu du principe qu'à toute force on peut opposer une résistance qui en détruit les effets, il suffirait de renforcer la maçonnerie et les cuirassements, ce qui n'entraînerait aucune modification dans le tracé, l'organisation intérieure et l'armement des forts „.

Nous avons vu plus haut que le général Brialmont fut le premier ingénieur à doter, dès 1862, un ouvrage défensif d'une coupole en fer, et qu'il démontra en 1888 l'obligation de protéger les bouches à feu des forts au moyen de cuirassements. Dans la dernière partie de son introduction (pp. XII-XVIII), il rappelle quelques étapes de l'industrie des coupoles et des cuirassements. De 1866 à 1882, le major du génie allemand Schuman préconisa l'emploi du fer, et M. Gruson, propriétaire d'une usine à Buckau, fit adopter la fonte durcie pour les cuirassements ; à partir de 1882 ces deux constructeurs se sont associés ; le général décrit et apprécie dans les chapitres VI et XII du présent travail quelques types de leurs ouvrages ; ils ont été " appliqués à l'armement des forts dans divers pays. Ils se distinguent des types proposés depuis une dizaine d'années en France, en Angleterre et en Autriche, par un mécanisme simple et robuste, excluant l'emploi de la vapeur et des appareils hydrauliques, exigeant peu d'entretien et pouvant être manié facilement par des soldats „.

La question des coupoles a aussi été étudiée par deux officiers distingués du corps du génie français : le lieutenant-colonel Bussière et le commandant Mougin. Les coupoles Mougin

couronnent plusieurs forts de Paris, de la frontière française, et même du camp retranché de Bucarest.

La première partie de l'ouvrage que nous analysons est toute d'histoire et de critique. Elle renferme un court avertissement, fait surtout de définitions (pp. 1-2), et deux chapitres. Le premier est intitulé CAMPS RETRANCHÉS. — TÊTES DE PONTS. PLACES ET FORTS ISOLÉS. Le second traite des RÉGIONS FORTIFIÉES.

Dans le premier chapitre (pp. 3-32), le général montre que l'accroissement et la plus grande mobilité des armées ont eu pour corollaire une différence dans la manière d'envahir et par le fait de défendre les pays.

Après les modifications apportées par les traités de 1678 à la frontière du nord de la France, Vauban proposa de défendre cette frontière au moyen de deux lignes de places fortes et de démolir ou de déclasser les forteresses qui se trouvaient en arrière. C'était le *système des lignes frontières*. Il fut appliqué partout, parce qu'il était conforme aux principes dont s'inspiraient les commandants des armées. Ils faisaient la guerre aux camps, aux places et aux positions. La prise d'une forteresse constituait l'opération principale et décidait du sort d'une campagne.

Vers la fin du 18e et au commencement du 19e siècle, les campagnes furent conduites tout autrement. L'envahisseur pénétrait dans le pays ennemi par une vigoureuse offensive et laissait les places derrière lui, se bornant à les faire observer jusqu'à l'arrivée des troupes de deuxième ligne, chargées de les assiéger ou de les bloquer. Gardons-nous de conclure que les forteresses avaient perdu de leur importance. Les guerres de la République et de l'Empire ont, au contraire, prouvé leur grande utilité. Mais on doit se demander s'il ne faut rien modifier à la disposition, à l'organisation et au rôle des forteresses. L'auteur en appelle au témoignage des généraux et des stratégistes les plus distingués de notre temps.

Le maréchal Gouvion-Saint-Cyr engagea, en 1819, le général de Sainte-Suzanne à publier un mémoire, annoté par Napoléon à Sainte-Hélène, où il n'est demandé que 13 grandes places et 10 petites places ou postes fortifiés pour défendre la France, qui avait encore à cette époque 97 places et 56 postes fortifiés. En deuxième ligne, Sainte-Suzanne proposait 4 places à grand développement — Laon, Langres, Clermont et Auch, — et au centre, comme dernier point d'appui des trois armées actives (nord, est, et midi), une grande position fortifiée : Orléans.

Jomini, le prince Charles, dans ses *Principes de la grande*

guerre, et Marmont, dans son *Esprit des institutions militaires*, ont émis sur la défense des États des considérations fort semblables à celles du général de Sainte-Suzanne. Dans son livre *De la Guerre*, paru en 1832, le célèbre stratégiste allemand von Clausewitz fait ressortir l'obligation de posséder divers centres fortifiés.

Le général Brialmont fait passer toutes ces idées au crible et conclut que les prescriptions suivantes pourraient être admises comme répondant aux nécessités *actuelles* de la défense des états :

A. *Fortifier la capitale*, lorsqu'elle occupe un point stratégique décisif, ou lorsqu'elle exerce sur la nation une influence telle que son occupation par l'ennemi marque la fin de la guerre. L'armée nationale peut alors opérer dans toutes les directions et à de grandes distances, sans être exposée à tomber au pouvoir de l'ennemi.

A défaut de la capitale, le réduit central de la défense sera, soit une place facile à approvisionner et très difficile à bloquer, comme Anvers, soit un pivot stratégique, tel Plaisance pour l'Italie.

Lorsqu'une capitale est un foyer d'intrigues politiques, et est dotée d'une population prompte à se soulever — ce qui pourrait paralyser la défense, — on soustraira la garnison au contact des habitants et on préservera la ville des calamités d'un bombardement, en créant autour de cette capitale trois camps retranchés permanents, dont les forts les plus rapprochés se trouveront à plus d'une grande portée de canon de la ville. Londres semble dans ce cas.

B. *Fortifier les nœuds des grandes communications internationales*, s'ils se trouvent sur des cours d'eau formant barrières stratégiques.

L'armée qui s'appuie à une tête de pont doit agir offensivement, parce que c'est le seul moyen d'utiliser les avantages de la place et ceux du fleuve. Elle doit donc éviter de livrer une bataille défensive ou de rester en contact immédiat avec la forteresse.

A défaut de barrière fluviale, où l'on puisse établir un pivot de manœuvres, on fortifiera près d'une frontière exposée à l'invasion un point important situé sur la ligne d'opérations de l'ennemi ou à proximité de cette ligne. Citons comme exemple le camp retranché de Reims.

C. *Créer au nœud des grandes communications internationales d'une frontière attaquable, s'il se trouve sur la ligne*

d'opérations de l'ennemi ou assez près de cette ligne pour la menacer en flanc, non pas une grande place isolée, mais une région fortifiée, et si ce nœud ne se trouve ni dans l'un ni dans l'autre cas, créer sur chaque zone d'invasion une région fortifiée spéciale, d'après les principes qui seront exposés dans le chapitre II.

D. *Fortifier une position centrale en arrière d'une chaîne de montagnes longeant la frontière*, pour servir de pivot de manœuvres à l'armée défensive.

E. *Barrer, au moyen de forts d'arrêt, les voies de communications à travers une chaîne de montagnes, nécessaires à l'envahisseur pour déboucher dans le pays et à l'armée nationale pour prendre l'offensive.*

Lorsqu'une frontière est couverte par une chaîne de hautes montagnes qui ne la borde pas de près, on construit une grande place en avant des principaux débouchés. Tel est le cas des forteresses de Jaroslaw et de Przemysl en avant des Carpathes.

Les forts d'arrêt sont particulièrement utiles pour intercepter les voies ferrées, devenues si indispensables aux armées.

F. *Construire des fortifications passagères et prendre des dispositions tactiques pour défendre une chaîne de montagnes dont les défilés sont occupés par des forts d'arrêt et en arrière de laquelle se trouve une position centrale fortifiée.*

Les ouvrages improvisés destinés à barrer des défilés de montagnes consistent en redoutes, blockhaus, batteries et tranchées-abris, renforcés par des défenses accessoires.

G. *Fortifier les ports qui renferment les arsenaux et les chantiers de la marine et servent de bases d'opérations aux flottes.*

H. *Assurer la possession des provinces éloignées du théâtre principal de la guerre au moyen d'une grande forteresse*, afin de n'avoir pas à y faire un détachement qui réduirait l'armée en campagne à un effectif insuffisant.

Grâce aux voies ferrés qui leur permettent de tirer de l'intérieur les approvisionnements et d'y évacuer leurs *impedimenta* : malades, blessés, prisonniers, matériel conquis ou mis hors de service, les états ne doivent plus établir sur chaque frontière une place de dépôt. Toutefois on évitera les longs transports en organisant comme place de dépôt la forteresse en deuxième ligne qui, sur chaque zone d'invasion, sert de pivot de manœuvres à l'armée défensive. Ainsi Mayence, place en deuxième ligne par

Voilà quarante ans que l'auteur est sur la brèche pour réformer l'enseignement de la fortification et pour étudier la défense des États et les meilleurs types d'ouvrages défensifs. Durant ce long cycle, vaste période de transformations continues, il s'est produit dans les travaux de M. Brialmont, il en fait l'aveu sans détour, des hésitations, des tâtonnements, voire des contradictions. Le moment lui semble venu " de résumer ces études, de les compléter et d'en retrancher ce qui n'a pu résister à l'épreuve d'une discussion approfondie ".

Ce nouveau travail comprend une introduction (pp. I-XVIII); une première partie où il est traité de la Défense des États (pp. 1-60) ; une seconde partie qui concerne la Fortification proprement dite (pp. 61-308); enfin quatre annexes (pp. 309-342).

Dans l'introduction, le général plaide sa propre cause, c'est-à-dire qu'il explique la marche de ses idées, exposées, depuis 1863, dans plusieurs savants ouvrages.

En 1863, parurent les *Études sur la défense des États et la fortification* (1). Elles avaient pour but de provoquer une réforme dans l'enseignement de la fortification, resté stationnaire depuis un siècle ; de répondre aux critiques qu'avaient faites des travaux de défense d'Anvers, alors en cours d'exécution, des ingénieurs pour qui le tracé bastionné était supérieur à tous les autres, et le fusil plus efficace que le canon dans la défense des places ; enfin de produire des fronts polygonaux, plus complets et moins défectueux que ceux construits sur le Rhin après 1815 (à Coblentz et à Rastadt), et basés sur " un plus large emploi de l'artillerie, sur un meilleur mode de flanquement et sur l'établissement d'une partie de l'armement dans des casemates cuirassées ou dans des coupoles ".

Grâce à cette dernière mesure, on abritait les ouvrages contre les ravages des mortiers rayés, dont l'auteur prévoyait la prochaine introduction dans les parcs de siège. La première coupole construite pour la défense des places a été établie en 1862 sur le réduit du fort n° 3 d'Anvers. Le général Brialmont en fit le projet en 1861, en collaboration avec le capitaine Coles, de la marine anglaise. Rappelons que les forts qui enserrent la métropole commerciale belge appartiennent à l'époque de transition, caractérisée par le passage de l'artillerie lisse à l'artillerie rayée.

Les *Études* de M. Brialmont provoquèrent " des discussions

(1) Bruxelles, 3 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

Jean de Gothie (1), et dans la légende de saint Cyrille, l'apôtre des Slaves, le nom des Goths apparaît dans une énumération des peuplades de la Chersonèse (2). En 1245, une lettre du pape Innocent IV adressée, le 22 mars, aux Frères-Mineurs des régions orientales, mentionne les Goths parmi les peuples de ces régions (3). Le 20 mai 1253, Rubruk, envoyé par saint Louis au grand Khan de Tartarie, abordait en Chersonèse, et, dans la description qu'il fait de ce pays, on relève le passage suivant : " Entre Cherson et Soldaia, il y a quarante châteaux-forts ; les habitants de chacun d'eux ont leur idiome particulier. Parmi eux, il y avait beaucoup de Goths, qui parlent un idiome teutonique (4)." En 1305, Jean de Montcorvin remarque que, pour aller en Asie, la route qui passe par la " terre des Goths " est plus courte et plus sûre (5). Dans le bref de Jean XXII, donné le 5 juillet 1333 au Frère Richard d'Angleterre (6), il est aussi question de la " terre de Gothie ". Il y a enfin de la même époque des pièces, publiées par Silvestre de Sacy, où la Gothie est mentionnée et où l'on parle du " *Capitaneatus Gothiae* (7) ".

Sur les Goths de Crimée nous possédons des renseignements plus explicites encore dans certaines relations de voyages, notamment dans celles de Jean Schiltperger, bourgeois de Munich, qui visita la Chersonèse en 1427, et du Vénitien Josaphat Barbaro en 1436. Le premier cite en Crimée une région du nom de *Kuthi*, où était en usage la langue *Kuthia* (8). Sous une forme arménienne ou tartare, nous avons là une variante du terme *Gothia*. Le rapport de Barbaro est plus significatif encore : il confirme d'une manière frappante ce que Rubruk écrivait deux cents ans auparavant. En effet, le voyageur vénitien raconte que les Goths de la Crimée parlaient une langue tudesque et qu'ils se faisaient parfaitement comprendre d'un de ses serviteurs qui était allemand (9).

Le XVIe siècle fournit, outre la lettre déjà citée de Busbecq,

(1) *Act. SS.*, Iunii t. V, pp. 184-194.
(2) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 26 ; Loewe, pp. 113, 114.
(3) Élie Berger, *Les Registres d'Innocent IV*, t. I, p. 208, nº 1362.
(4) *Recueil des mémoires et des voyages, publié par la Société de géographie de Paris*, t. IV, p. 219.
(5) Cité par Tomaschek, *Die Goten in Taurien*, p. 46.
(6) Theiner, *Monum. Polon. et Lithuan.*, t. I, p. 347.
(7) *Notices et extraits des manuscrits*, t. XI, 1827, p. 52.
(8) Ed. de Karl Fr. Neumann, Munich, 1859, p. 135.
(9) *Viagi fatti da Vinetia alla Tana*, 1545, p. 18 *b*.

trois mentions des Goths de Tauride. La première vient de Matthias de Miechow, qui écrivait en 1517 (1). Dans son récit de la destruction de Mancup, la principale place forte des Goths orientaux, cet auteur constate que les chefs de Mancup étaient Goths de race et d'idiome, et que, en les mettant à mort, eux, les seuls restes de la langue et de la nationalité gothique, Mahomet II détruisait à tout jamais les Goths, qui avaient déjà disparu depuis longtemps d'Italie, d'Espagne et de France. Leur destruction ne dut pas toutefois être aussi complète que le prétend Miechow, puisqu'en 1555, Conrad Gessner affirmait que les Goths survivaient dans les montagnes de Crimée et qu'ils cultivaient la vigne avec succès (2). En parlant de la *Kuthia*, que nous avons dit être la Gothie, Schiltperger constate également que cette région était riche en vins (3). Peut-être même n'est-il pas invraisemblable que les Goths donnaient à leur pays le nom de *Veinagards* " vignoble ", s'il faut en croire Synesius qui parle de Οὐννιγάρδαι (4). Suidas écrit le même nom sous la forme Ὀϊνγάρδαι (5), et chez Zonaras on lit Οὐϊνγάρδαι (6). Un autre détail fourni par Gessner constate l'existence prolongée des Goths après la ruine de Mancup, quand il nous apprend qu'ils devaient fournir au Khan de Tartarie un contingent de huit cents mousquetaires.

La correspondance de Leibniz et de Ludolf montre que ces deux érudits se préoccupèrent vivement de vérifier les renseignements donnés par Busbecq (7). Mais il ne semble pas que leur curiosité ait jamais été satisfaite. Pourtant en 1699, Jean Peringskiöld, dans les notes dont il éclaire l'édition de la *Vita Theodorici regis Ostrogothorum* de Cochlaeus (8), écrit ce qui suit : " Le spathaire Nicolas, interprète moldo-valaque du Czar, qui fut, sous la minorité de Charles XI, ambassadeur auprès de la cour de Constantinople, déclare qu'il y a en Crimée environ trois cents villages habités par des indigènes d'origine gothique, se servant d'une langue teutonique et des rites des chrétiens. Ils

(1) *De duabus Sarmatiis, Asiana et Europeana*, p. 22.
(2) *Mithridates*, p. 42.
(3) *Loc. cit.*, vide supra.
(4) Synesii *Epist.*, 18, p. 300.
(5) *Suidae Lexicon*, ed. Bekker, p. 762.
(6) *Lexicon*, s. v. Lipsiae, 1802.
(7) *Leibnitii opera omnia collecta studio Ludovici Dutens*, t. VI, pp. 105, 109, 110, 112.
(8) Stockholm, 1699, p. 348.

ont pour évêque un prélat goth, qui réside à Caffa, autrement appelée Theodosiopolis, ville située sur le Bosphore cimmérien. „ Sans doute, M. Loewe relève dans ce témoignage bien des inexactitudes de détail ; le fonds pourtant est à retenir.

Le témoignage du spathaire Nicolas clôt la série des renseignements certains sur l'existence des Goths de la Crimée, et M. Loewe est d'avis que c'est caresser un espoir chimérique que d'attendre le moindre résultat des recherches ethnographiques entreprises dans le but de retrouver des descendants des Goths décrits par Busbecq.

Il faut se borner aux documents que les temps passés nous ont livrés. Aussi bien, l'ouvrage de M. Loewe prouve qu'ils peuvent largement alimenter la critique. Sur les soixante mots du vocabulaire des Goths de Crimée livré par Busbecq, M. Loewe a réussi à établir une phonétique complète.

Voici les conclusions générales qui ressortent de cette étude. Le gothique de la Crimée était un dialecte germanique de l'ouest, et a de commun avec l'allemand ses deux modifications phonétiques principales et essentielles, l'allongement tonique et l'affaiblissement de toutes les voyelles atones en brèves. Un Allemand, en conversation avec un Goth de Crimée, a dû comprendre en très grande partie ce que lui disait son interlocuteur. Le gothique de la Crimée ressemblait plus à l'allemand et au bas-allemand que l'anglais et les dialectes nordiques. Il subit moins de transformations phonétiques que ces derniers idiomes, et s'associa moins d'éléments étrangers que l'anglais. Ce n'est donc pas par simple hasard que Rubruk a pu dire que les Goths de la Crimée parlaient *teutonice*, que Barbaro employait l'expression *in tedesco* et que Cureus qualifiait l'idiome en question de *teutsch*. De plus, c'est surtout du bas-allemand et même du néerlandais que se rapproche le gothique de la Crimée. Peut-être cette dernière conclusion paraîtra-t-elle suspecte, et l'on se dira que les transcriptions de Busbecq ont pu être influencées par sa qualité de West-Flamand, Busbecq étant originaire de Comines. M. Loewe démontre qu'il n'en est rien, et que l'ambassadeur de la cour de Vienne a traduit scrupuleusement les sons tels qu'il les percevait chez son interlocuteur.

Mais d'où sont venus les Goths qui ont si longtemps habité la Crimée ? M. Loewe voit en eux des restes de la nation des Hérules qui, par le Danube, se sont établis sur le Palus Méotide et se sont ensuite infiltrés dans le Caucase et en Crimée. Toutefois, ils ont perdu de bonne heure le nom particulier de leurs

ancêtres pour prendre celui plus générique de Goths, ou, pour mieux dire, les écrivains qui en ont parlé ont oublié la dénomination spéciale de leur tribu et les ont confondus sous le vocable universel de la race. Aussi M. Loewe n'est-il pas heureux dans le tour de force étymologique qu'il tente à propos de Timothée, le patriarche intrus d'Alexandrie, surnommé " le chat „ αἴλουρος. M. Loewe voit ici une corruption, par étymologie populaire, de Ἕλουρος pour Ἕρουλος, *Hellurus* pour *Herulus*. Cela est bien peu probable, et, en tout cas, aurait besoin d'une solide confirmation.

M. Loewe commente aussi longuement la lettre de Busbecq au point de vue anthropologique, et il en compare les données avec les récits d'autres voyageurs. Jusqu'à quel point les Hérules parvinrent-ils à se garder purs de tout mélange avec toutes les races qui vinrent se heurter dans la presqu'île de Crimée, Grecs, Tartares, Turcs, voilà qui est difficile à établir avec une complète précision, d'autant plus que les caractères ethnographiques signalés par Busbecq ne sont pas absolument décisifs.

Nous sommes sur un terrain aussi peu ferme, et M. Loewe ne se le dissimule pas, quand on cherche à déterminer les usages, les mœurs, le degré de civilisation des Goths de la Crimée. Faire le départ de ce qui leur appartient en propre et de ce qu'ils ont de commun avec leurs voisins d'autres races, n'est pas une entreprise aisée. En effet, ce que des historiens, comme Procope (1), rapportent à cet égard, n'est pas suffisamment caractéristique.

Il y a pourtant un côté de la civilisation gothique en Crimée qui semble bien frappant, et qui malheureusement a échappé aux investigations de M. Loewe. Nous voulons parler de la bijouterie des Goths. En effet, on a découvert en Crimée des pièces d'orfèvrerie très intéressantes, dispersées aujourd'hui dans le British Museum, la collection John Evans, l'Ermitage impérial à Saint-Pétersbourg, les musées archéologiques de Moscou et de Kertch. Il y a là en particulier des boucles de ceinture absolument semblables à celles qui étaient en usage chez tous les conquérants de l'Empire romain, des fibules d'or de la même facture que celles du trésor gothique de Szilagy-Somlyó en Hongrie, et des plaques cloisonnées du même dessin que la bordure de la couronne de Recesvinthus, conservée au

(1) *De aedificiis*, lib. III, cap. 7.

musée de Cluny. Ces recherches, dont les résultats ont été popularisés en France par M. le baron de Baye (1) et en Allemagne par M. le Dr Grempler, de Breslau, nous semblent d'une grande importance pour l'ethnographie des Goths de la Crimée et du Caucase. Nous les signalons à la sagacité de M. Loewe, afin qu'il les mette en œuvre, et que de ces données archéologiques il tire des conclusions qui viennent corroborer les déductions historiques et philologiques auxquelles son ouvrage a fait surtout appel.

Le lecteur s'est aperçu que, dans le compte rendu que nous faisons du livre de M. Loewe, les choses intéressantes qu'il rapporte nous ont préoccupé bien plus que la personne de l'auteur. Preuve très évidente, à elle seule, de la valeur de son œuvre, et de la façon méritoire avec laquelle il l'a exécutée. Nous nous en voudrions toutefois de ne pas rendre un hommage explicite à l'érudition étendue de M. Loewe. Son livre représente une somme de recherches considérables, où, à part le dernier point que nous avons signalé, il serait difficile de trouver une lacune, de produire un document ignoré. L'interprétation des témoignages est marquée au coin d'une sage critique, tous les textes sont discutés, et l'autorité des témoins scrupuleusement établie. Même compétence et égale fermeté dans les discussions philologiques, à l'exception toutefois du mot αἴλουρος dont nous avons parlé. En un mot, le travail de M. Loewe nous semble être un modèle de monographie ethnologique.

J. Van den Gheyn, S. J.

IV.

Le Congo. Quatre conférences publiques données par M. Hubert Droogmans. — In-8°, 122 pp. et 1 carte. — Bruxelles, Van Campenhout, 1894.

Mieux que tout autre, M. Droogmans était à même de mener à bien la mission qu'il a assumée. Attaché depuis quelques

(1) Voir : *Les Bijoux gothiques de Kertch*, Revue archéologique, 1888 ; — *L'Art chez les Barbares à la chute de l'Empire romain*, L'Anthropologie, 1890, t. I ; — *La Bijouterie des Goths en Russie*, Mémoires de la Société nationale des antiquaires de France, 6e série, t. I, 1890.

années déjà à l'administration de l'État Indépendant du Congo, il en connaît admirablement les rouages, et il a pu puiser à pleines mains dans la féconde mine des renseignements officiels ou des compagnies commerciales. On dira peut-être que son travail confine au panégyrique. Sans doute, mais cet enthousiasme, inspiré par le brillant avenir qui semble réservé à l'œuvre congolaise, n'est-il pas légitime ?

Si nous exceptons la publication de M. Chapeaux, cette œuvre n'a guère été étudiée dans son ensemble. L'intérêt que présente le travail de M. Droogmans est donc d'autant plus grand.

Les deux premières conférences paraissent de beaucoup les plus importantes. Dans la première, nous trouvons des considérations générales sur l'État du Congo. Ce sont les vues toutes personnelles de l'auteur.

Les Belges sont à l'étroit dans leur petit pays ; l'industrie a besoin de débouchés ; le Congo se présente avec ses richesses et ses trente millions d'habitants avides d'articles manufacturés. Parmi les marchandises ayant cours en Afrique, et dont la fabrication rémunératrice est possible en Belgique, figurent les tissus de laine et de coton, les armes, les vêtements, la faïencerie, la verrerie, la coutellerie, la quincaillerie, la ferronnerie, la bimbeloterie, etc.

En échange de ce que nous leur offrons, les Noirs donnent pour le moment, outre l'ivoire, quantité de produits que nous détaillerons en parlant de la flore du pays.

Tout en rompant une lance contre des préjugés assez répandus: impossibilité pour les Belges, en raison de l'Acte de la Conférence de Berlin de 1885, d'établir au Congo leur suprématie commerciale, insalubrité du climat, inaptitude du Nègre au travail, attitude hostile des populations indigènes envers les Blancs, M. Droogmans montre combien les colonies sont précieuses au développement des métropoles ; puis il dit un mot du côté philanthropique et humanitaire de l'œuvre africaine : l'émancipation et l'éducation de la race indigène. Cette éducation doit avoir pour objet l'amélioration de son état physique et social. Trois facteurs aideront au relèvement du Noir : l'État, les missions religieuses, et le commerce.

L'exploration et comme conséquence la connaissance de la géographie et des productions végétales, minières et animales du Congo, font l'objet de la deuxième conférence. L'immense blanc, qui caractérisait l'Afrique centrale de nos cartes, a presque entièrement disparu depuis la création de l'Association interna-

tionale du Congo. L'auteur donne quelques notions générales sur le grand fleuve africain, sur le relief du plateau qu'il arrose et sur l'aspect du pays au point de vue de la nature végétale. La partie navigable du Congo et de ses tributaires atteint 1300 kilomètres, non compris le Tanganyika, d'une superficie totale de 31 400 kilomètres carrés.

Au point de vue orographique, le bassin congolais est caractérisé par l'absence complète de chaînes centrales. Dans le Congo inférieur se profilent perpendiculairement au fleuve des rangées de hauteurs d'une altitude de 700 mètres environ. Les accidents de terrain qui se rencontrent entre le Stanley Pool et les sources du Luapula ne forment pas de lignes de relief proprement dites. Malgré leur altitude parfois voisine de 1500 mètres ils sont simplement le produit d'une érosion violente des eaux.

Sous le rapport végétal, les aspects du pays ne sont guère variés. Dans le Bas-Congo, l'ensemble est dénudé, d'apparence triste et pauvre; dans la région des chutes, le sol est généralement parsemé d'herbes géantes ; entre le Kwango et le Kassaï, et de là jusqu'à la frontière orientale de l'État et aux affluents méridionaux de l'Uellé, s'étendent à perte de vue des prairies ombragées de bouquets d'arbres, que des auteurs appellent la savane boisée. Les hauts plateaux qui se dressent à l'ouest du Tanganyika ont un sol argileux d'une excessive fertilité.

La flore du bassin du Congo est riche. Parmi les principaux spécimens figurent : le *palmier à huile* ou *Elaïs guineensis* ; sa hauteur est de 8 à 10 mètres; il fournit du vin et de l'huile comestible ou industrielle; le *baobab*, le géant des végétaux, qui se trouve surtout en deçà du Stanley-Pool; son écorce sert à la fabrication du papier d'emballage; le *bananier*, dont le fruit parfumé constitue, avec le pain de manioc et la patate douce, la nourriture principale des indigènes; les *Landolphia* ou lianes à caoutchouc, une des principales richesses du pays, très-exporté; son prix est de sept francs le kilogramme; le *kola*, ressemblant à la prune et ayant des propriétés pharmaceutiques bien établies; il produit en deux récoltes 50 kilogrammes de noix par année moyenne; l'*arbre à copal*, qui procure une gomme utilisée en Europe dans la fabrication du vernis ; la *canne à sucre*; le *manioc*, dont la farine fournit un pain passable; l'*arachide* : on extrait de ses fruits une huile propre à l'éclairage, au graissage des machines et à la fabrication du savon ; le *sorgho*, encore un produit donnant un pain noir assez lourd, et de la bière; le *maïs*, le *riz*, le *millet*, le *tabac* ; le *sésame*, d'où s'extrait une

huile très comestible; le *ricin*, le *piment*, le *cubèbe*, la *vanille*, le *caféier*, l'*oranger*, la *vigne* et quantité d'autres fruits; enfin d'excellentes essences forestières (bois de construction, d'ébénisterie et de teinture) : le *teck*, le *bois de rose*, le *hêtre*, l'*ébène*, l'*acajou*, le *cèdre africain*, l'*acacia*, le *santal*, etc.

Au cours de sa troisième conférence, M. Droogmans a entretenu son auditoire des principales peuplades congolaises : il montre leur manière de vivre, leurs mœurs et coutumes souvent étranges, leur naïveté et leur tendance à croire au surnaturel, leurs aptitudes commerciales et industrielles; en un mot leur vie sociale.

Citons notamment chez plusieurs tribus : l'anthropophagie, le tatouage, les soins donnés à la coiffure, etc., et chez la plupart la polygamie, la danse, le chant, les pratiques, souvent barbares, accompagnant les décès, l'organisation sociale en trois classes : les nobles ou riches, les hommes libres, et les esclaves; enfin une vague idée de l'existence d'une divinité suprême, idée qui n'est accompagnée ni de prière ni d'invocation.

Dans les régions du Bas-Congo est implantée l'adoration des fétiches; le féticheur, espèce de médecin-sorcier, peut être considéré comme le ministre du culte; il se recrute dans une véritable société secrète *(N'Kimba)*, où les jeunes gens reçoivent l'initiation.

Dans le Haut-Congo, les indigènes n'ont pas d'idoles proprement dites. Ils croient aux mauvais sorts et consultent les oracles.

Le travail de M. Droogmans se termine par l'étude de la situation économique et de l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant du Congo.

Nous connaissons déjà les produits du sol. Ajoutons que l'État a entrepris de grandes cultures de caféiers et cacoyers, dont la prospérité paraît assurée.

Les richesses du sous-sol ne sont guère connues. On a cependant signalé des gisements de fer et de cuivre.

L'industrie indigène est rudimentaire, mais remarquable toutefois eu égard aux instruments de travail dont disposent les Noirs. Le forgeron fournit des armes : lames de poignards, fers de lance, pointes de flèche acérées, etc., des poinçons de bateliers, des hameçons délicats, des hachettes, des houes, des couteaux pour l'agriculture, des clous, des rasoirs(!), de grands couteaux d'exécution et de parade, des colliers, des épingles à cheveux,

des anneaux de fer et de cuivre, des clochettes de féticheurs et des grelots de guerre.

A l'industrie métallurgique il faut ajouter le tissage des fibres d'arbres et de plantes : palmier, baobab. ananas, coton; la vannerie, la poterie, la sculpture sur bois et sur cuivre, le travail du bois (pirogues, pagaies, lits, fétiches, portes pour chimbecks, coupes sculptées, aiguilles à coudre, sifflets, etc.); la fabrication des instruments de musique : tambours ayant jusque six mètres de longueur, arcs sous-tendus d'un brin d'herbe, *marimba* ou petite boîte ayant à sa partie supérieure une demi-douzaine de lames en fer fixées sur une tringle au moyen d'un fil de fer, mandoline, guitare, etc.; la confection des engins de pêche : nasses, filets en cordes.

Le commerce n'est pas encore très développé ; le caoutchouc et l'ivoire seuls sont assez rémunérateurs. Mais le Noir a l'esprit commercial : l'on s'en convainc par l'acharnement qu'il met à débattre le prix de sa marchandise.

Pour compléter le tableau de la situation économique de l'État du Congo, il faut rappeler l'immense réseau fluvial, qui s'étend sur tout le bassin intérieur de ce fleuve, et qui n'atteindra sa valeur maxima qu'après l'achèvement du chemin de fer des cataractes.

On connaît l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant. Le roi Léopold II en est le souverain. Il exerce le pouvoir, en Europe, par l'intermédiaire d'un secrétaire général qui dirige les départements de l'Intérieur, des Finances, et des Affaires étrangères, à la tête desquels sont placés des secrétaires; en Afrique, avec l'aide d'un gouverneur général, qui obéit à l'impulsion donnée par le gouvernement central, et est secondé par des inspecteurs d'État, des directeurs de service, des commissaires de districts, des cours de justice, etc.

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

V.

La Défense des États et La Fortification a la fin du XIXe siècle, par le Général Brialmont. — Bruxelles, E. Guyot, 1895. — 1 vol. in-8°, XVIII-349 pp. et un atlas in-f° de XVII planches.

rapport à Metz, Strasbourg et Thionville ; Magdebourg, place en deuxième ligne par rapport à Coblentz, Cologne et Wesel.

Le général termine le chapitre I de son ouvrage en combattant une opinion très-répandue et de nature à fausser les idées sur le rôle et l'importance des positions fortifiées. " Les places à camp retranché formant position de deuxième ligne exercent, dit-on, sur les armées une force d'attraction qui les retient sous leurs murs quand l'intérêt de la défense exigerait qu'elles se portassent sur une autre partie du territoire pour y continuer la lutte. „

Cette opinion repose sur une fausse appréciation et un exposé inexact des faits, et la critique n'a pas cité jusqu'ici un fait ni produit un argument portant condamnation contre les grands pivots stratégiques.

Des stratégistes comme le prince Charles, Jomini, von Clausewitz, admettent la retraite sur une place fortifiée d'une armée battue ou numériquement trop faible pour résister à l'ennemi.

Si Magdebourg avait été fortifiée et approvisionnée en 1806, l'armée prussienne n'aurait pas fait une retraite divergente, qui la fit tomber entièrement, au bout de trois semaines, au pouvoir des Français.

En 1870, la place de Metz aurait rendu les plus grands services à la France, si Bazaine avait été à la hauteur de sa mission. Le général Brialmont a montré ce que le maréchal a fait et ce qu'il aurait dû faire, dans une étude publiée en janvier 1894 par l'INTERNATIONALEN REVUE de Dresde, et dont il reproduit la partie principale dans l'annexe 2.

D'après la conclusion de cette étude, " Bazaine, après avoir négligé l'occasion d'attaquer, dans d'excellentes conditions, les corps allemands le 13 août, pendant qu'ils exécutaient devant ses troupes concentrées leur dangereux mouvement de flanc pour franchir la Moselle en amont de la place, et après avoir perdu par sa faute, le lendemain, la bataille de Borny, aurait dû gagner le plus vite possible les plateaux de la rive gauche, par les quatre routes qui y aboutissent, laisser à Metz un corps d'armée de 30 000 hommes et se porter ensuite sur Verdun. En opérant ainsi, il eût pris une avance de vingt-quatre heures sur les Allemands, à qui deux jours eussent été nécessaires — si les ponts de la Moselle avaient été détruits entre Metz et Frouard — pour exécuter leur mouvement tournant et gagner la ligne de retraite des Français „.

Jusqu'ici le général s'est occupé des places isolées; le chapitre

Il (pp. 33-60) est consacré aux groupes de forteresses ou aux régions fortifiées.

L'auteur expose leurs propriétés, et le grand rôle joué en 1848, 1859 et 1866 par le quadrilatère vénitien (Vérone, Legnano, Mantoue et Peschiera), en 1828 et 1877 par le quadrilatère bulgare composé de Varna, Silistrie, Roustchouk et Schoumla, et en 1870 par les groupes de place du nord de la France : Lille, Douai, Arras, Cambrai, Bouchain et Valenciennes.

Est ensuite établie la possibilité du blocus des plus vastes camps retranchés. Paris a été bloqué en 1870, et pourra encore être réduit à la famine malgré sa ligne d'investissement de 150 kilomètres.

Comment donc mettre les grands pivots stratégiques à l'abri d'un blocus ? On peut résoudre ce problème soit par la construction de camps retranchés d'un énorme développement, soit par la substitution à ces camps de groupes de places constituant des *régions fortifiées*.

Convaincu que cette dernière solution est la seule qui réponde aux nécessités actuelles, le général Brialmont a publié, en 1890, un travail où il fait une application théorique des régions fortifiées à la défense de cinq états. Nous avons donné ici-même un compte rendu de cet ouvrage (1). Nous y renvoyons, puisque l'auteur se *borne* aujourd'hui à reproduire les principales conclusions de cette intéressante étude.

La deuxième partie de la *Défense des États*, de beaucoup la plus importante, est absolument spéciale et technique; nous regrettons de devoir en écourter l'analyse.

L'auteur commence par signaler la transformation qui s'est faite dans la construction proprement dite des ouvrages défensifs. Hier encore on utilisait les maçonneries en briques et en moëllons ; actuellement, en raison de la puissance de pénétration des projectiles employés par l'attaque, on doit recourir, au moins pour les parties exposées au tir de plein fouet ou au tir plongeant de l'artillerie, à un « béton composé de galets siliceux ou de fragments de roches primaires, de ciment artificiel, dit de Portland, et de sable rugueux, exempt de matières étrangères et surtout d'argile ».

Puis viennent des considérations sur la hauteur minima à donner aux revêtements d'escarpe, sur l'épaisseur qu'auront les voûtes....., sur les défenses accessoires (abatis, réseaux de fils de

(1) REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1890.

fer avec tiges métalliques ou piquets en bois, etc.) à préparer en temps de paix ou à créer au moment de la mise en état de défense, sur la forme et les dimensions des grilles, des créneaux et embrasures, des cuirassements, des ponts mobiles, des portes roulantes en tôle d'acier, des revêtements de contrescarpe. Enfin le savant ingénieur nous entretient de la difficulté d'éclairer et de ventiler les locaux des forts, de l'utilité des plantations faites dans les forteresses, et de la nécessité de maintenir et même d'étendre les zones de servitude défensives.

Le terrain déblayé de toutes ces questions accessoires (ch. III, pp. 61-88), l'auteur entre au cœur de son sujet (ch. IV, pp. 89-105).

Les grands progrès de l'artillerie, de même que l'apparition de la poudre sans fumée, semblaient être particulièrement favorables à l'attaque; pour plusieurs même c'en était fait de la fortification permanente. Or c'est la défense qui tire les plus grands avantages de ces inventions, dans les camps retranchés permanents composés d'une ceinture de forts avec armement cuirassé.

Il faut évidemment que ceux-ci satisfassent à certaines conditions (ch. V, pp. 107-146). Quelles sont-elles ? Quelles seront, si on les veut à l'abri d'une attaque de vive force, la disposition et la nature des forts et fortins qui formeront la ceinture des camps retranchés futurs ? Quant à ce dernier point, le général donne la préférence aux camps retranchés composés d'une ceinture de grands forts dont les feux se recroisent sur de larges intervalles, et dans la construction desquels on respectera avant tout le principe du flanquement (des fossés) par l'artillerie.

Dans tout camp retranché permanent nous aurons les éléments suivants : 1° une ligne de postes fortifiés, servant à retarder l'investissement: c'est la *position avancée ;* elle se trouve à 2000 ou 3000 mètres de la ligne des forts ; 2° une ceinture de forts (première ligne) sur laquelle se produit le grand effort de la défense ; c'est la *position de combat ;* elle est éloignée de plus de 6000 mètres de l'enceinte ; 3° une seconde ligne ou *position de soutien* placée à 2000 mètres en arrière de la première ligne ; elle doit rendre intenables les parties de la première ligne tombées au pouvoir de l'ennemi, protéger la retraite de l'artillerie de combat de cette ligne et favoriser les retours offensifs de la réserve générale ; 4° une *enceinte de sûreté,* qui a pour objet principal d'empêcher l'ennemi de s'emparer de la position en pénétrant dans le camp retranché sur les talons de l'armée

défensive, affaiblie ou démoralisée par une grave défaite essuyée en rase campagne.

Dans les chapitres VI, VII et VIII, l'auteur aborde l'organisation défensive proprement dite d'un camp retranché permanent, c'est-à-dire les conditions techniques auxquelles il doit satisfaire.

Tout d'abord quel sera l'armement des forts (ch. VI, pp. 147-191) ? Il se composera de canons de 150 et de 120, d'obusiers de 210 et de 120, de mortiers de 210, et de canons à tir rapide de 57. La plupart de ces bouches à feu seront protégées, par des coupoles pour un ou deux canons, contre le tir de plein fouet et le tir plongeant.

L'invention des coupoles est due au capitaine Coles de la marine anglaise (1855). Elles ont subi bien des critiques avant d'acquérir le droit de bourgeoisie. Il semble que les défauts reprochés à ce mode de cuirassement ont entièrement disparu dans les coupoles construites de 1890 à 1892, pour les forts de la Meuse, d'après un programme soumis par le général Brialmont à la Commission belge d'armement.

En tous cas, aucun mode de cuirassement n'offre les mêmes garanties au point de vue du service, de la sécurité du personnel, et de la résistance au tir. La résistance au tir de démolition s'accroît d'ailleurs avec les progrès de la métallurgie. En 1892, on a essayé au polygone russe d'Ochta une plaque en acier-nickel, provenant de l'usine américaine de Harvey, et ayant $2^{m}50$ de hauteur, 2 mètres de largeur et $0^{m}28$ d'épaisseur. Elle a subi le choc de 4 projectiles Holtzer (en acier chromé) de 150, animés d'une vitesse de 650 mètres et tirés normalement contre la plaque. On ne releva aucune fissure, et la profondeur de la pénétration ne dépassa pas $0^{m}125$. La plaque ne fut fissurée qu'avec un projectile de 230 (pesant 180 kilogr.), animé d'une vitesse de 570 mètres. Un sixième coup tiré avec le canon de ce même calibre ne détacha aucun fragment de la plaque et le projectile fut brisé.

En Autriche, on va employer pour les coupoles des forts de Cracovie et de Przemysl le fer homogène ou acier doux, qui peut être employé sans passer par le laminoir; cela permet de donner aux plaques des coupoles une section dont l'épaisseur décroît depuis le centre de la calotte jusqu'aux bords, où la résistance doit être la plus grande, parce que les obus de rupture l'atteignent sous les plus grands angles d'incidence.

L'auteur termine le chapitre VI en mentionnant diverses espèces de coupoles (cette partie du travail est complétée au

chapitre XII), et en répondant à cette double objection faite aux coupoles, que *leur prix élevé rend leur emploi impossible dans la plupart des cas,* et qu'*elles absorbent un personnel bien plus nombreux que les fortifications de l'ancien système.*

Il résulte d'une étude publiée par le lieutenant-colonel du génie allemand Reinhold Wagner, dans les JAHRBÜCHER FÜR DIE DEUTSCHE ARMEE UND MARINE, 1892, que les 21 forts à coupoles de la Meuse ont coûté 70 600 000 francs, tandis que le prix de 21 forts ordinaires avec armement à ciel ouvert se serait élevé à 93 885 000 francs. L'économie réalisée a donc été de 23 millions.

Quant à l'armement, il est pour les forts cuirassés de 212 canons destinés à agir sur le *terrain extérieur* et de 185 pour le *flanquement des fossés,* soit un total de 397 ; pour les ouvrages à ciel ouvert, de 562 bouches à feu, rien que pour battre le *terrain extérieur*. C'est encore 4 millions de francs économisés sur le matériel d'artillerie et les munitions.

Enfin l'économie du personnel est encore en faveur des forts à coupoles. Si l'on ne tient compte que des servants attachés aux pièces qui battent le terrain extérieur, il faut 4400 artilleurs pour les 562 pièces des forts ordinaires et 1200 seulement pour les 212 pièces des forts cuirassés. Toute la garnison de sûreté (infanterie et artillerie) s'élève pour ces derniers ouvrages à 10 950 hommes, et pour les premiers à un chiffre double.

Nous avons vu que les forts des camps retranchés préférés par l'auteur sont séparés par de larges intervalles. Lorsque ces forts " se trouvent à plus de 3500 mètres l'un de l'autre (ch. VII, pp. 193-209), on construit, dans les intervalles de ceux que la direction des lignes d'invasion et la disposition des lieux désignent comme devant être attaqués, des fortins (1) cuirassés, armés de canons dont l'objet principal est de battre le terrain en avant des forts collatéraux " ; puis on complète la défense des intervalles par des batteries provisoires et des tranchées pour postes de soutien. L'armement de ces batteries se compose de quelques canons de 120 et de 150, mais principalement d'obusiers et de mortiers de 120, dont l'efficacité est autrement grande.

Les enceintes des camps retranchés, soit permanents, soit

(1) " Le fortin n'est à proprement parler qu'une grande redoute. Il représente le plus petit ouvrage permanent qu'on puisse établir dans les intervalles d'un camp retranché. " Brialmont, *La Défense des États,* p. 256.

rapport à Metz, Strasbourg et Thionville ; Magdebourg, place en deuxième ligne par rapport à Coblentz, Cologne et Wesel.

Le général termine le chapitre I de son ouvrage en combattant une opinion très-répandue et de nature à fausser les idées sur le rôle et l'importance des positions fortifiées. " Les places à camp retranché formant position de deuxième ligne exercent, dit-on, sur les armées une force d'attraction qui les retient sous leurs murs quand l'intérêt de la défense exigerait qu'elles se portassent sur une autre partie du territoire pour y continuer la lutte. „

Cette opinion repose sur une fausse appréciation et un exposé inexact des faits, et la critique n'a pas cité jusqu'ici un fait ni produit un argument portant condamnation contre les grands pivots stratégiques.

Des stratégistes comme le prince Charles, Jomini, von Clausewitz, admettent la retraite sur une place fortifiée d'une armée battue ou numériquement trop faible pour résister à l'ennemi.

Si Magdebourg avait été fortifiée et approvisionnée en 1806, l'armée prussienne n'aurait pas fait une retraite divergente, qui la fit tomber entièrement, au bout de trois semaines, au pouvoir des Français.

En 1870, la place de Metz aurait rendu les plus grands services à la France, si Bazaine avait été à la hauteur de sa mission. Le général Brialmont a montré ce que le maréchal a fait et ce qu'il aurait dû faire, dans une étude publiée en janvier 1894 par l'INTERNATIONALEN REVUE de Dresde, et dont il reproduit la partie principale dans l'annexe 2.

D'après la conclusion de cette étude, " Bazaine, après avoir négligé l'occasion d'attaquer, dans d'excellentes conditions, les corps allemands le 13 août, pendant qu'ils exécutaient devant ses troupes concentrées leur dangereux mouvement de flanc pour franchir la Moselle en amont de la place, et après avoir perdu par sa faute, le lendemain, la bataille de Borny, aurait dû gagner le plus vite possible les plateaux de la rive gauche, par les quatre routes qui y aboutissent, laisser à Metz un corps d'armée de 30 000 hommes et se porter ensuite sur Verdun. En opérant ainsi, il eût pris une avance de vingt-quatre heures sur les Allemands, à qui deux jours eussent été nécessaires — si les ponts de la Moselle avaient été détruits entre Metz et Frouard — pour exécuter leur mouvement tournant et gagner la ligne de retraite des Français „.

Jusqu'ici le général s'est occupé des places isolées; le chapitre

tionale du Congo. L'auteur donne quelques notions générales sur le grand fleuve africain, sur le relief du plateau qu'il arrose et sur l'aspect du pays au point de vue de la nature végétale. La partie navigable du Congo et de ses tributaires atteint 1300 kilomètres, non compris le Tanganyika, d'une superficie totale de 31 400 kilomètres carrés.

Au point de vue orographique, le bassin congolais est caractérisé par l'absence complète de chaînes centrales. Dans le Congo inférieur se profilent perpendiculairement au fleuve des rangées de hauteurs d'une altitude de 700 mètres environ. Les accidents de terrain qui se rencontrent entre le Stanley Pool et les sources du Luapula ne forment pas de lignes de relief proprement dites. Malgré leur altitude parfois voisine de 1500 mètres ils sont simplement le produit d'une érosion violente des eaux.

Sous le rapport végétal, les aspects du pays ne sont guère variés. Dans le Bas-Congo, l'ensemble est dénudé, d'apparence triste et pauvre; dans la région des chutes, le sol est généralement parsemé d'herbes géantes ; entre le Kwango et le Kassaï, et de là jusqu'à la frontière orientale de l'État et aux affluents méridionaux de l'Uellé, s'étendent à perte de vue des prairies ombragées de bouquets d'arbres, que des auteurs appellent la savane boisée. Les hauts plateaux qui se dressent à l'ouest du Tanganyika ont un sol argileux d'une excessive fertilité.

La flore du bassin du Congo est riche. Parmi les principaux spécimens figurent : le *palmier à huile* ou *Elaïs guineensis ;* sa hauteur est de 8 à 10 mètres; il fournit du vin et de l'huile comestible ou industrielle; le *baobab,* le géant des végétaux, qui se trouve surtout en deçà du Stanley-Pool; son écorce sert à la fabrication du papier d'emballage; le *bananier,* dont le fruit parfumé constitue, avec le pain de manioc et la patate douce, la nourriture principale des indigènes; les *Landolphia* ou lianes à caoutchouc, une des principales richesses du pays, très-exporté; son prix est de sept francs le kilogramme; le *kola,* ressemblant à la prune et ayant des propriétés pharmaceutiques bien établies; il produit en deux récoltes 50 kilogrammes de noix par année moyenne; l'*arbre à copal,* qui procure une gomme utilisée en Europe dans la fabrication du vernis ; la *canne à sucre;* le *manioc,* dont la farine fournit un pain passable; l'*arachide :* on extrait de ses fruits une huile propre à l'éclairage, au graissage des machines et à la fabrication du savon ; le *sorgho,* encore un produit donnant un pain noir assez lourd, et de la bière; le *maïs,* le *riz,* le *millet,* le *tabac ;* le *sésame,* d'où s'extrait une

huile très comestible; le *ricin*, le *piment*, le *cubèbe*, la *vanille*, le *caféier*, l'*oranger*, la *vigne* et quantité d'autres fruits; enfin d'excellentes essences forestières (bois de construction, d'ébénisterie et de teinture) : le *teck*, le *bois de rose*, le *hêtre*, l'*ébène*, l'*acajou*, le *cèdre africain*, l'*acacia*, le *santal*, etc.

Au cours de sa troisième conférence, M. Droogmans a entretenu son auditoire des principales peuplades congolaises : il montre leur manière de vivre, leurs mœurs et coutumes souvent étranges, leur naïveté et leur tendance à croire au surnaturel, leurs aptitudes commerciales et industrielles; en un mot leur vie sociale.

Citons notamment chez plusieurs tribus : l'anthropophagie, le tatouage, les soins donnés à la coiffure, etc., et chez la plupart la polygamie, la danse, le chant, les pratiques, souvent barbares, accompagnant les décès, l'organisation sociale en trois classes : les nobles ou riches, les hommes libres, et les esclaves; enfin une vague idée de l'existence d'une divinité suprême, idée qui n'est accompagnée ni de prière ni d'invocation.

Dans les régions du Bas-Congo est implantée l'adoration des fétiches; le féticheur, espèce de médecin-sorcier, peut être considéré comme le ministre du culte; il se recrute dans une véritable société secrète *(N'Kimba)*, où les jeunes gens reçoivent l'initiation.

Dans le Haut-Congo, les indigènes n'ont pas d'idoles proprement dites. Ils croient aux mauvais sorts et consultent les oracles.

Le travail de M. Droogmans se termine par l'étude de la situation économique et de l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant du Congo.

Nous connaissons déjà les produits du sol. Ajoutons que l'État a entrepris de grandes cultures de caféiers et cacoyers, dont la prospérité paraît assurée.

Les richesses du sous-sol ne sont guère connues. On a cependant signalé des gisements de fer et de cuivre.

L'industrie indigène est rudimentaire, mais remarquable toutefois eu égard aux instruments de travail dont disposent les Noirs. Le forgeron fournit des armes : lames de poignards, fers de lance, pointes de flèche acérées, etc., des poinçons de bateliers, des hameçons délicats, des hachettes, des houes, des couteaux pour l'agriculture, des clous, des rasoirs(!), de grands couteaux d'exécution et de parade, des colliers, des épingles à cheveux,

des anneaux de fer et de cuivre, des clochettes de féticheurs et des grelots de guerre.

A l'industrie métallurgique il faut ajouter le tissage des fibres d'arbres et de plantes : palmier, baobab. ananas, coton; la vannerie, la poterie, la sculpture sur bois et sur cuivre, le travail du bois (pirogues, pagaies, lits, fétiches, portes pour chimbecks, coupes sculptées, aiguilles à coudre, sifflets, etc.); la fabrication des instruments de musique : tambours ayant jusque six mètres de longueur, arcs sous-tendus d'un brin d'herbe, *marimba* ou petite boîte ayant à sa partie supérieure une demi-douzaine de lames en fer fixées sur une tringle au moyen d'un fil de fer, mandoline, guitare, etc.; la confection des engins de pêche : nasses, filets en cordes.

Le commerce n'est pas encore très développé ; le caoutchouc et l'ivoire seuls sont assez rémunérateurs. Mais le Noir a l'esprit commercial : l'on s'en convainc par l'acharnement qu'il met à débattre le prix de sa marchandise.

Pour compléter le tableau de la situation économique de l'État du Congo, il faut rappeler l'immense réseau fluvial, qui s'étend sur tout le bassin intérieur de ce fleuve, et qui n'atteindra sa valeur maxima qu'après l'achèvement du chemin de fer des cataractes.

On connaît l'organisation politique et administrative de l'État Indépendant. Le roi Léopold II en est le souverain. Il exerce le pouvoir, en Europe, par l'intermédiaire d'un secrétaire général qui dirige les départements de l'Intérieur, des Finances, et des Affaires étrangères, à la tête desquels sont placés des secrétaires; en Afrique, avec l'aide d'un gouverneur général, qui obéit à l'impulsion donnée par le gouvernement central, et est secondé par des inspecteurs d'État, des directeurs de service, des commissaires de districts, des cours de justice, etc.

F. Van Ortroy,
Capitaine de cavalerie.

V.

La Défense des États et la Fortification a la fin du xixe siècle, par le Général Brialmont. — Bruxelles, E. Guyot, 1895. — 1 vol. in-8°, xviii-349 pp. et un atlas in-f° de xvii planches.

Voilà quarante ans que l'auteur est sur la brèche pour réformer l'enseignement de la fortification et pour étudier la défense des États et les meilleurs types d'ouvrages défensifs. Durant ce long cycle, vaste période de transformations continues, il s'est produit dans les travaux de M. Brialmont, il en fait l'aveu sans détour, des hésitations, des tâtonnements, voire des contradictions. Le moment lui semble venu " de résumer ces études, de les compléter et d'en retrancher ce qui n'a pu résister à l'épreuve d'une discussion approfondie ".

Ce nouveau travail comprend une introduction (pp. I-XVIII); une première partie où il est traité de la Défense des États (pp. 1-60) ; une seconde partie qui concerne la Fortification proprement dite (pp. 61-308); enfin quatre annexes (pp. 309-342).

Dans l'introduction, le général plaide sa propre cause, c'est-à-dire qu'il explique la marche de ses idées, exposées, depuis 1863, dans plusieurs savants ouvrages.

En 1863, parurent les *Études sur la défense des États et la fortification* (1). Elles avaient pour but de provoquer une réforme dans l'enseignement de la fortification, resté stationnaire depuis un siècle ; de répondre aux critiques qu'avaient faites des travaux de défense d'Anvers, alors en cours d'exécution, des ingénieurs pour qui le tracé bastionné était supérieur à tous les autres, et le fusil plus efficace que le canon dans la défense des places ; enfin de produire des fronts polygonaux, plus complets et moins défectueux que ceux construits sur le Rhin après 1815 (à Coblentz et à Rastadt), et basés sur " un plus large emploi de l'artillerie, sur un meilleur mode de flanquement et sur l'établissement d'une partie de l'armement dans des casemates cuirassées ou dans des coupoles ".

Grâce à cette dernière mesure, on abritait les ouvrages contre les ravages des mortiers rayés, dont l'auteur prévoyait la prochaine introduction dans les parcs de siège. La première coupole construite pour la défense des places a été établie en 1862 sur le réduit du fort n° 3 d'Anvers. Le général Brialmont en fit le projet en 1861, en collaboration avec le capitaine Coles, de la marine anglaise. Rappelons que les forts qui enserrent la métropole commerciale belge appartiennent à l'époque de transition, caractérisée par le passage de l'artillerie lisse à l'artillerie rayée.

Les *Études* de M. Brialmont provoquèrent " des discussions

(1) Bruxelles, 3 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

qui furent particulièrement vives en France et en Belgique, où les principes de l'École de Metz avaient encore de nombreux partisans „. Ces discussions engagèrent le général " à préciser et à compléter ses idées sur la constitution des camps retranchés, sur le tracé des enceintes et des forts, sur le flanquement des fossés, l'organisation et l'armement des remparts, et à les appliquer aux divers cas qui peuvent se présenter dans la pratique. Ces applications font l'objet du *Traité de fortification polygonale*, qui parut en 1869 (1), et de la *Fortification à fossés secs*, qui date de 1872 (2) „.

Dans ces écrits, l'auteur a tenu compte des propriétés — alors parfaitement connues — des canons rayés, qui avaient fait leur apparition sur les champs de bataille de l'Italie. Mais contrairement à ses prévisions de 1863, les parcs de siège n'étaient pas encore dotés, en 1869 et en 1872, d'obusiers ou de mortiers rayés qui, " par l'extrême précision de leur tir et les grands effets de leurs obus à balles, sont bien plus redoutables que les canons pour le personnel et le matériel des places fortes „. Ce fut seulement en 1885 que le général produisit, dans " *La Fortification du temps présent* (3), des types de forts satisfaisant à toutes les nécessités créées par l'emploi de ces nouvelles bouches à feu „. La fortification du temps présent ne fut point celle de l'avenir. En 1886, au polygone de Cummersdorf, et en 1887, au fort de la Malmaison, à Paris, on lançait avec des mortiers rayés — sans danger pour servants ou bouches à feu — de longs obus contenant jusque 33 kilogrammes de mélinite ou de coton-poudre. La consternation et le découragement furent grands parmi les officiers du génie, qui crurent passé le temps de la fortification permanente.

Au lieu de suivre ce courant, le lieutenant général Brialmont tira des faits la conclusion " qu'il faudra désormais protéger l'artillerie des forts par des cuirassements, renforcer l'épaisseur de toutes les maçonneries et remplacer les matériaux employés jusqu'à présent par du béton de ciment Portland et de galets siliceux, ou de fragments de granit „.

Ce sont ces nouveaux types de forts qu'il présenta en 1888 dans l'*Influence du tir plongeant et des obus-torpilles sur la fortification* (4). Il lui fut impossible " d'indiquer exactement

(1) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(2) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(3) Bruxelles, 2 vol. in-8°, avec atlas in-f°.
(4) Bruxelles, 1 vol. in-8°, avec atlas in-f°.

les épaisseurs à donner aux voûtes, aux revêtements, aux murs de masque et de soutènement, parce que l'on ne connaissait pas alors — on ne les connaît même pas aujourd'hui — les résultats des tirs de démolition exécutés avec des obus-torpilles en France et en Allemagne „.

Mais on peut légitimement conclure des épaisseurs de voûtes et de murs adoptées ultérieurement par les ingénieurs français et allemands, et qui diffèrent peu des épaisseurs admises par le savant général belge, que le problème de la construction de forts permanents en état de résister aux nouveaux moyens d'attaque est pratiquement résolu.

Si on parvient même à découvrir des explosifs plus puissants que ceux actuellement employés — il en existe — et qui n'éclatent point en se décomposant ou en étant soumis au choc du tir, " il n'y aurait pas encore lieu de désespérer de la fortification permanente, car, en vertu du principe qu'à toute force on peut opposer une résistance qui en détruit les effets, il suffirait de renforcer la maçonnerie et les cuirassements, ce qui n'entraînerait aucune modification dans le tracé, l'organisation intérieure et l'armement des forts „.

Nous avons vu plus haut que le général Brialmont fut le premier ingénieur à doter, dès 1862, un ouvrage défensif d'une coupole en fer, et qu'il démontra en 1888 l'obligation de protéger les bouches à feu des forts au moyen de cuirassements. Dans la dernière partie de son introduction (pp. XII-XVIII), il rappelle quelques étapes de l'industrie des coupoles et des cuirassements. De 1866 à 1882, le major du génie allemand Schuman préconisa l'emploi du fer, et M. Gruson, propriétaire d'une usine à Buckau, fit adopter la fonte durcie pour les cuirassements ; à partir de 1882 ces deux constructeurs se sont associés ; le général décrit et apprécie dans les chapitres VI et XII du présent travail quelques types de leurs ouvrages ; ils ont été " appliqués à l'armement des forts dans divers pays. Ils se distinguent des types proposés depuis une dizaine d'années en France, en Angleterre et en Autriche, par un mécanisme simple et robuste, excluant l'emploi de la vapeur et des appareils hydrauliques, exigeant peu d'entretien et pouvant être manié facilement par des soldats „.

La question des coupoles a aussi été étudiée par deux officiers distingués du corps du génie français : le lieutenant-colonel Bussière et le commandant Mougin. Les coupoles Mougin

couronnent plusieurs forts de Paris, de la frontière française, et même du camp retranché de Bucarest.

La première partie de l'ouvrage que nous analysons est toute d'histoire et de critique. Elle renferme un court avertissement, fait surtout de définitions (pp. 1-2), et deux chapitres. Le premier est intitulé CAMPS RETRANCHÉS. — TÊTES DE PONTS. PLACES ET FORTS ISOLÉS. Le second traite des RÉGIONS FORTIFIÉES.

Dans le premier chapitre (pp. 3-32), le général montre que l'accroissement et la plus grande mobilité des armées ont eu pour corollaire une différence dans la manière d'envahir et par le fait de défendre les pays.

Après les modifications apportées par les traités de 1678 à la frontière du nord de la France, Vauban proposa de défendre cette frontière au moyen de deux lignes de places fortes et de démolir ou de déclasser les forteresses qui se trouvaient en arrière. C'était le *système des lignes frontières.* Il fut appliqué partout, parce qu'il était conforme aux principes dont s'inspiraient les commandants des armées. Ils faisaient la guerre aux camps, aux places et aux positions. La prise d'une forteresse constituait l'opération principale et décidait du sort d'une campagne.

Vers la fin du 18e et au commencement du 19e siècle, les campagnes furent conduites tout autrement. L'envahisseur pénétrait dans le pays ennemi par une vigoureuse offensive et laissait les places derrière lui, se bornant à les faire observer jusqu'à l'arrivée des troupes de deuxième ligne, chargées de les assiéger ou de les bloquer. Gardons-nous de conclure que les forteresses avaient perdu de leur importance. Les guerres de la République et de l'Empire ont, au contraire, prouvé leur grande utilité. Mais on doit se demander s'il ne faut rien modifier à la disposition, à l'organisation et au rôle des forteresses. L'auteur en appelle au témoignage des généraux et des stratégistes les plus distingués de notre temps.

Le maréchal Gouvion-Saint-Cyr engagea, en 1819, le général de Sainte-Suzanne à publier un mémoire, annoté par Napoléon à Sainte-Hélène, où il n'est demandé que 13 grandes places et 10 petites places ou postes fortifiés pour défendre la France, qui avait encore à cette époque 97 places et 56 postes fortifiés. En deuxième ligne, Sainte-Suzanne proposait 4 places à grand développement — Laon, Langres, Clermont et Auch, — et au centre, comme dernier point d'appui des trois armées actives (nord, est, et midi), une grande position fortifiée : Orléans.

Jomini, le prince Charles, dans ses *Principes de la grande*

guerre, et Marmont, dans son *Esprit des institutions militaires*, ont émis sur la défense des États des considérations fort semblables à celles du général de Sainte-Suzanne. Dans son livre *De la Guerre*, paru en 1832, le célèbre stratégiste allemand von Clausewitz fait ressortir l'obligation de posséder divers centres fortifiés.

Le général Brialmont fait passer toutes ces idées au crible et conclut que les prescriptions suivantes pourraient être admises comme répondant aux nécessités *actuelles* de la défense des états :

A. *Fortifier la capitale*, lorsqu'elle occupe un point stratégique décisif, ou lorsqu'elle exerce sur la nation une influence telle que son occupation par l'ennemi marque la fin de la guerre. L'armée nationale peut alors opérer dans toutes les directions et à de grandes distances, sans être exposée à tomber au pouvoir de l'ennemi.

A défaut de la capitale, le réduit central de la défense sera, soit une place facile à approvisionner et très difficile à bloquer, comme Anvers, soit un pivot stratégique, tel Plaisance pour l'Italie.

Lorsqu'une capitale est un foyer d'intrigues politiques, et est dotée d'une population prompte à se soulever — ce qui pourrait paralyser la défense, — on soustraira la garnison au contact des habitants et on préservera la ville des calamités d'un bombardement, en créant autour de cette capitale trois camps retranchés permanents, dont les forts les plus rapprochés se trouveront à plus d'une grande portée de canon de la ville. Londres semble dans ce cas.

B. *Fortifier les nœuds des grandes communications internationales*, s'ils se trouvent sur des cours d'eau formant barrières stratégiques.

L'armée qui s'appuie à une tête de pont doit agir offensivement, parce que c'est le seul moyen d'utiliser les avantages de la place et ceux du fleuve. Elle doit donc éviter de livrer une bataille défensive ou de rester en contact immédiat avec la forteresse.

A défaut de barrière fluviale, où l'on puisse établir un pivot de manœuvres, on fortifiera près d'une frontière exposée à l'invasion un point important situé sur la ligne d'opérations de l'ennemi ou à proximité de cette ligne. Citons comme exemple le camp retranché de Reims.

C. *Créer au nœud des grandes communications internationales d'une frontière attaquable, s'il se trouve sur la ligne*

provisoires, ont des détracteurs et des panégyristes. Le général Brialmont croit ces enceintes indispensables (ch. VIII, pp. 211-228), et il est d'accord en cela avec des ingénieurs et des stratégistes éminents : Vauban, Todleben, Jomini, etc. L'enceinte donne de la confiance et de la sécurité aux habitants, prévient les paniques, double la force morale des défenseurs du camp, empêche l'ennemi, même si les forts sont éloignés de la place, de pousser une pointe hardie vers l'intérieur du camp pour détruire les approvisionnements, effrayer les populations et provoquer une capitulation prématurée ; enfin elle l'oblige à un nouveau siège après qu'il s'est emparé pied à pied de 2 ou 3 forts imprenables de vive force, et qu'il n'a pu attaquer que de front par le fait même de l'existence de l'enceinte.

Toutefois il y a désaccord, entre les partisans de l'enceinte, sur le moment le plus favorable à sa construction. Quelques-uns proposent de la construire pendant le siège des forts et de la composer de redoutes, de batteries et de tranchées, renforcées par des défenses accessoires. Mais cette construction est-elle possible alors ? Songe-t-on d'ailleurs que l'ennemi peut être vainqueur dans les combats qui précèdent l'investissement provisoire et qu'il pourrait s'emparer de la ville, après avoir pénétré dans le camp retranché à la poursuite de l'armée vaincue se repliant sur son pivot ?

Comment donc fortifier le noyau d'un camp retranché permanent, qui est ordinairement une grande ville ? Par une enceinte continue, construite avec un minimum de dépense, et de manière qu' " on ne puisse s'en emparer sans exécuter quelques travaux de siège consistant en batteries, pour démonter l'artillerie de la place, et faire des trouées dans les défenses accessoires, en tranchées-abris, pour protéger ces batteries, et en cheminements pour arriver à une place d'armes qui sera construite à 200 mètres environ de l'enceinte et d'où déboucheront les troupes d'assaut ".

Le général décrit une enceinte de ce type.

Il ne pouvait pas suffire à l'auteur d'avoir exposé les principes ou les conditions générales et stratégiques auxquelles doivent satisfaire les ouvrages d'un camp retranché. Il en fait une application à un projet de camp retranché permanent en terrain accidenté (ch. IX, pp. 229-244).

Enfin dans les trois derniers chapitres il décrit des types de forts et de fortins pour camps retranchés permanents (ch. X, pp. 245-266), de forts isolés ou d'arrêt (ch. XI, pp. 267 280), de

coupoles, d'emplacements cuirassés pour mortiers de 120 et 210, d'affût-embrasure à blinde sphérique et de *phare cuirassé* à lumière électrique (ch. XII, pp. 281-308).

Les annexes, avons-nous dit, sont au nombre de quatre : 1. Note sur une brochure et une lettre du général de Sainte-Suzanne, auteur d'un nouveau système défensif pour la France (pp. 311-314) ; — 2. Considérations sur le blocus de Metz et la conduite de Bazaine, extraites d'un travail publié par le général Brialmont dans l'INTERNATIONALEN REVUE, de Dresde (pp. 315-333); — 3. Extraits du cahier des charges belge pour la fourniture de coupoles pour canons, destinées aux fortifications de la Meuse (pp. 334-340) ; — 4. Extraits d'une lettre du général de Blois à l'un de ses camarades du génie sur un envoi de mortiers à faire pour le siège de Sébastopol (pp. 341-342).

F. VAN ORTROY,
Capitaine de cavalerie.

VI.

THÉORIE ET PRATIQUE DES ASSURANCES SUR LA VIE, par H. LAURENT, Examinateur d'admission à l'Ecole polytechnique, Membre de l'Institut des Actuaires. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, Membre de l'Institut.) — Petit in-8° de 176 pp. — Paris, Gauthier-Villars et G. Masson, 1895.

Le premier qui a rassemblé en un ouvrage didactique les divers écrits sur la théorie des annuités viagères et des assurances sur la vie, est l'Actuaire anglais Francis Baily, dont l'ouvrage a été traduit en 1836 en langue française par A. De Courcy. Dans la préface dont De Courcy fait précéder sa traduction, on lit ceci : " Bien peu de personnes se doutent que derrière le *prospectus* d'une compagnie d'assurances se cache toute une vaste théorie analytique qui repose sur les applications du calcul des probabilités aux lois de la mortalité. „ Cette observation s'applique parfaitement encore à l'époque actuelle.

Depuis, bon nombre de savants distingués, notamment en Angleterre, ont enrichi cette science de précieux documents et l'ont portée à un haut degré d'exactitude et d'importance mathématique.

C'eût donc été une véritable lacune si cette Encyclopédie scientifique n'eût pas compris parmi les ouvrages de la " Section de l'ingénieur „ le résumé de la théorie des assurances sur la vie.

En ce moment où le problème de l'assurance obligatoire se pose partout, la lecture de ce livre démontrera que l'assurance organisée sur des bases rationnelles est une question mathématique. " Les mathématiques, disait M. Cheysson au Congrès des Actuaires tenu à Bruxelles en septembre 1895, doivent être les auxiliaires de l'économie sociale. „

Il faut donc savoir gré à M. Laurent d'avoir enrichi l'Encyclopédie des Aide-Mémoire de ce petit volume où il expose d'une manière concise les principes généraux de la science des Assurances. Il y reproduit avec un peu plus de développements, et conformément aux progrès actuels de la science, les chapitres qu'il a consacrés autrefois dans son *Traité du calcul des probabilités* aux tables de mortalité et aux compagnies d'assurances, ainsi que différents articles qu'il a publiés dans le *Journal des Actuaires français* et le *Bulletin de l'Institut des Actuaires français.*

Comme l'auteur le dit dans un avertissement, ce livre s'adresse au public instruit, et il aurait pu ajouter : au public instruit dans la science mathématique. En effet, toutes les questions qui sont ici traitées, sont résolues de la manière la plus générale et presque constamment à l'aide du calcul différentiel et du calcul intégral.

Le système de notations employé est personnel à l'auteur; à notre avis, le système des notations de l'Institut des Actuaires anglais est préférable, il n'est pas plus compliqué et est plus complet et plus rationnel. C'est ce dernier, du reste, qui a été adopté comme système international, au congrès des Actuaires dont il a été parlé plus haut.

Dans l'ouvrage dont nous nous occupons, on peut distinguer trois parties principales. La première partie a trait à ce qui est la base du calcul des assurances, c'est-à-dire la table de mortalité. C'est d'elle que dépendent la construction du tarif et la détermination des primes qui sont la compensation des risques que court l'assureur. La construction et l'ajustement des tables de mortalité sont ici brièvement esquissés ; aussi cet exposé si concis ne donnera qu'une faible idée des travaux, bien documentés et où toutes les précautions avaient été prises pour éviter toute chance d'erreur, qui ont permis aux Actuaires de divers pays de

dresser des tables qui peuvent être considérées comme l'étalon de l'assurance pour ces pays.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des annuités viagères ; c'est de la valeur de cette fonction de l'âge et du taux de l'intérêt que dépendent les primes des différentes opérations d'assurances sur la vie.

Enfin la troisième partie est consacrée au calcul de ces dernières primes et de la réserve.

L'ouvrage entier, qui est précédé d'un avertissement, est développé en 55 paragraphes, dont voici les titres :

1. *Introduction.* — L'auteur indique ici le but des Compagnies d'assurances sur la vie et définit le rôle de l'*Actuaire*. Il rappelle qu'il s'est fondé, dans divers pays, des sociétés appelées *Instituts d'Actuaires*. L'Institut des Actuaires français s'occupe non seulement de l'étude des questions qui intéressent les compagnies d'assurances, mais aussi de celles relatives à l'application des mathématiques aux probabilités, aux sciences économiques et financières. (En Belgique, une société sous le nom d' " Association des Actuaires belges " est également en voie de formation.)

2. *Tables de mortalité.* — Ce paragraphe renferme la définition de la table de mortalité et montre quel en est le but. L'expression de la *vie probable* et de la *vie moyenne* est ensuite indiquée. On calcule ordinairement la vie moyenne en supposant que les décès se répartissent uniformément dans le cours de chaque année d'âge ; M. Laurent fait abstraction de toute hypothèse et est ainsi conduit à une intégrale pour la valeur de la vie moyenne. Pour calculer cette intégrale, il faut connaître la fonction qui exprime la loi de mortalité. On peut en trouver une valeur approchée au moyen de la formule d'Euler, en suivant la même marche qu'au n° 17 de cet ouvrage.

3. *Courbes de mortalité.*

4. *Construction des tables.* — L'auteur fait tout d'abord remarquer qu'il y a lieu de distinguer, dans la pratique, plusieurs espèces de tables de mortalité. Ainsi, par exemple, le public assuré est un public tout particulier qui doit avoir sa table spéciale. Après l'énumération de quelques-unes des différentes tables existantes, les procédés à suivre pour la construction des tables de mortalité sont exposés sommairement.

5 à 10. *Ajustement des tables.* — *Interpolation des tables.* — *Formules de Gompertz et de Makeham.* - *Choix d'une formule*

d'interpolation. — Ajustement par l'interpolation. — Diverses formules proposées pour l'interpolation des tables de mortalité.

L'ajustement des tables a pour but de compenser et de régulariser les données brutes des statistiques. La méthode graphique d'ajustement est esquissée en un mot. La méthode analytique d'ajustement consiste à interpoler la table, c'est-à-dire à chercher à représenter algébriquement la fonction y_x, qui désigne le nombre de vivants à l'âge x.

Les formules d'interpolation les plus employées sont celles des Actuaires anglais Gompertz et Makeham. La première jouit de la propriété que la probabilité de vie d'un groupe de têtes est la même que celle d'une seule tête, et la seconde, que la probabilité de vie d'un groupe de n têtes est égale à la probabilité de vie de n têtes toutes du même âge.

M. Laurent, de même que M. Bertrand l'a fait dans son traité de calcul des probabilités, part de la propriété qui caractérise la loi de Gompertz, et en n'annulant pas la dernière constante d'intégration qui devrait être nulle pour que cette propriété soit vérifiée, il arrive à une formule plus générale que celle de Gompertz et qui est celle de Makeham.

Il est à remarquer que c'est à l'Actuaire anglais De Morgan que l'on doit la première démonstration (1) de la propriété capitale de la formule de Gompertz. M. Bertrand (2), en partant de cette propriété, a déduit cette formule ou plutôt celle de de Makeham.

M. Laurent indique ensuite une formule d'interpolation qu'il a fait connaître dans le *Bulletin des Actuaires français*, n° 8, avril 1892.

11 à 13. *Influence des maladies sur la mortalité. — Influence du sexe. — Influence du milieu.*

14. *Sélection.* — C'est une grosse question à l'étude, en ce moment, dans le monde des Actuaires. Un individu qui conclut une assurance en cas de décès, n'est accepté que s'il est en bonne santé; il y a donc *sélection* à l'entrée dans l'assurance. Jusqu'à présent, les tarifs ont été établis en se basant sur des tables de mortalité résultant d'un ensemble d'observations faites sur des personnes d'un même âge actuel, mais qui ont subi la sélection

(1) PHILOSOPHICAL MAGAZINE, 1839.

(2) COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, avril 1888; et aussi G. Bertrand, *Calcul des probabilités*, Paris, 1888, Gauthier-Villars.

depuis un certain laps de temps, différent pour chacune d'elles. Les probabilités de survie ou de décès qu'elles fournissent ne s'appliquent donc pas aux assurés nouveaux. Pour le calcul rigoureux des primes et de la valeur réelle des contrats en cours, il faudrait une table de mortalité distincte pour chaque âge, c'est-à-dire des tables de mortalité *par âge à l'entrée.*

15. *Considérations générales sur les opérations financières.* — C'est la formule de l'intérêt *continu*, c'est-à-dire que l'on suppose la capitalisation des intérêts se faisant à chaque instant et d'une manière ininterrompue, qui est ici établie.

15 et 16. *Capitaux différés.— Annuités ordinaires et viagères.* — La valeur de l'annuité ordinaire et viagère d'un franc est calculée en supposant successivement qu'elle est payable à la fin de chaque année, par fractions $\frac{1}{\mu}$ d'années, et enfin qu'elle est payable à chaque instant et d'une manière ininterrompue; c'est ce qu'on appelle l'annuité *continue.*

17. *Pratique des calculs.* — La méthode indiquée pour construire une table d'annuités viagères est celle des Actuaires anglais, par l'emploi des *symboles de commutation.* L'annuité continue est ensuite déduite de l'annuité ordinaire par les formules qui lient les intégrales aux sommes (formule d'Euler). La valeur de l'annuité semestrielle ou trimestrielle ou mensuelle est aussi déduite approximativement de celle de l'annuité ordinaire.

18. *Calcul des annuités par la formule de Makeham.* — Ce calcul est assez compliqué; ordinairement cette formule n'est employée que pour le calcul des assurances dépendant de la vie de plusieurs têtes.

19 et 20. *Annuités différées, temporaires,* etc. — *Annuités en progression.*

21 et 22. *Annuités sur deux têtes.* — *Annuités sur deux têtes temporaires ou différées.* — Le calcul des annuités sur deux têtes est tout à fait analogue à celui des annuités sur une seule tête.

On n'a pas construit de tables d'annuités sur trois têtes, dit l'auteur, et pour les calculer on admet la loi de Makeham. Il est à remarquer que ce procédé conduira à des calculs longs et pénibles, tout en ne donnant que des résultats approximatifs. Il sera donc préférable d'employer, pour le calcul des annuités sur plus de deux têtes, une formule approximative de sommation. Les calculs seront notablement simplifiés.

23. *Autres espèces d'annuités.* — Dans les deux paragraphes

précédents, les annuités considérées étaient payables tant que deux têtes d'âges a et b étaient en vie; ici on examine le cas où l'annuité est payable jusqu'au dernier décès, ou seulement à partir du premier décès.

24. *Nomenclature des diverses opérations des compagnies d'assurances.* — Elles se partagent en deux catégories : les assurances *en cas de décès* et les assurances *en cas de vie.*

L'auteur fait remarquer que l'assurance ne doit pas être considérée comme une *spéculation*, comme un placement *avantageux*. L'assurance est une marchandise que l'on ne doit acheter que quand on en a besoin, et, comme toutes les autres marchandises, elle coûte plus cher à l'acheteur qu'au vendeur.

Les paragraphes qui vont suivre se rapportent aux opérations les plus usuelles.

25. *Assurances " vie entière ".* — D'abord, calcul de la prime unique en supposant la somme assurée payable au moment du décès; l'expression de la prime est donnée par une intégrale ; puis successivement, en supposant la somme assurée payable au commencement de l'année où le décès doit avoir lieu, à la fin de l'année du décès, après une fraction $\frac{1}{\mu}$ d'année. Enfin, calcul de la prime viagère ou temporaire, payable annuellement ou par fraction $\frac{1}{\mu}$ d'année, équivalente à la prime unique.

26 à 29. *Assurances temporaires.* — *Assurances mixtes.* — *Assurances à termes fixes* et *Assurances des capitaux différés.* — *Assurance temporaire d'annuités.*

30. *Assurances sur plusieurs têtes.* — La prime unique est calculée d'abord dans l'hypothèse où l'assurance est payable au premier décès de deux têtes d'âge a et b, puis dans l'hypothèse où elle est payable au dernier décès.

31. *Assurances de survie.* — C'est le cas le plus compliqué, et quand le nombre de têtes en jeu dépasse deux, les opérations de survie peuvent être variées à l'infini.

M. Laurent a étudié ici le contrat en vertu duquel une compagnie s'engage à payer un capital déterminé à la mort d'une tête d'âge a, si une tête actuellement d'âge b lui survit, c'est-à-dire est encore vivante au décès de la tête d'âge a.

32. *Rentes viagères.* — Ce paragraphe est consacré aux assurances en cas de vie. Il renferme successivement le calcul des primes des rentes viagères pour la vie entière, des rentes différées, temporaires sur une tête, puis des rentes sur deux têtes payables pendant l'existence commune, ou jusqu'au dernier décès, ou réversibles en partie, soit sur une tête désignée, soit rever-

sibles pour une certaine fraction sur la première et pour une autre fraction sur la seconde.

33. *Correction relative aux arrérages.* — On désigne sous le nom d'*arrérages* la portion de la rente viagère proportionnelle au temps qui s'est écoulé depuis le dernier payement de la rente et l'époque du décès du rentier. Dans ce paragraphe, on calcule le prix supplémentaire à payer par le rentier pour assurer le payement de ses arrérages à ses héritiers, lors de son décès.

34. *Rentes à capital réservé.* — Cette opération n'est faite que par les Caisses nationales de Retraites pour la veillesse. A signaler ici une erreur typographique : à la page 94, ligne 14, l'expression $1 + C_a\ Q_a^n$ doit être remplacée par $(1 + C_{a+n})\ Q_a^n$.

35. *Assurances avec lots.* — M. Laurent examine le cas d'une compagnie d'assurances qui, dans le but d'attirer des clients, a décidé que tous les ans elle tirerait au sort un même tant pour cent de ses polices d'assurances vie entière, pour en rembourser le montant immédiatement.

La compagnie ne fait pas payer de surprime à ses assurés, parce que le calcul indique qu'elle est très petite.

Au point de vue moral, observe l'auteur, il est mauvais de transformer l'assurance en spéculation, ce qui lui fait perdre son caractère en l'assimilant à une roulette.

36. *Achats d'usufruits et de nu-propriétés.* — Ce sont des opérations analogues aux rentes viagères et assurances vie entière.

37. *Du chargement.* — On appelle ainsi la majoration que l'on fait subir à la prime *pure*, de manière à laisser à l'assureur un bénéfice certain.

38. *Réserve, rachat,* etc. — La notion si importante de la *Réserve* est définie et calculée pour quelques cas particuliers.

Le prix de rachat d'un contrat serait précisément égal à la réserve de ce contrat.

Les compagnies en retiennent cependant une certaine fraction pour se rembourser de divers frais.

31. *Contre-assurance.* — L'auteur examine le cas où le montant des primes d'une opération d'assurances doit être remboursé au décès de l'assuré.

40. *Quelques exercices.* — Cinq exercices sont résolus ; les trois premiers se rapportent aux Assurances de survie et sont assez compliqués.

41. *Changements produits dans les tarifs par un changement de la loi de mortalité ou du taux de l'intérêt.* — Si on adopte une nouvelle loi de mortalité *peu différente de la première*, il

n'est pas nécessaire de recommencer les calculs pour obtenir une nouvelle table d'annuités : on pourra obtenir les différences premières de ces fonctions avec une approximation suffisante.

Les changements de taux conduisent à des observations analogues.

42. *Examen d'un cas singulier.* — L'auteur examine le cas où le taux de l'intérêt de l'argent est nul. On sait que l'annuité viagère est alors égale à la vie moyenne.

43. *Du plein des assurances.* — Le *plein* d'une assurance est la somme maxima qu'un assureur peut accepter sur ce genre d'affaires sans se compromettre. En général, les compagnies se sont montrées très prudentes sur la question du plein, elles n'acceptent les grosses assurances qu'en distribuant une partie des risques qu'elles courent à d'autres compagnies.

La détermination analytique du plein est très compliquée. M. Laurent reproduit, dans ce paragraphe, l'article qu'il a publié sur cette question dans le JOURNAL DES ACTUAIRES FRANÇAIS, tome II, 1873, pp. 79 et 161, et aussi dans son *Traité du calcul des probabilités*. Les calculs qu'il y développe sont assez pénibles.

44. *Quelques détails pratiques sur le calcul des réserves.* — L'auteur revient dans ce paragraphe sur l'importante question de *la réserve* et sur la nécessité de la calculer avec le plus grand soin.

Au moment où une compagnie se fonde, dit-il, les capitaux affluent, les assurés sont jeunes, les sinistres sont rares, les recettes excèdent de beaucoup les dépenses, la caisse se remplit rapidement; la prospérité n'est évidemment qu'apparente, car les capitaux reçus ne sont que des dépôts qui devront être restitués un jour, au moins en grande partie.

45. *Caisses de retraite.* — Il s'agit des caisses de retraite organisées par de grands industriels, des compagnies de chemin de fer, etc., en prélevant certaines sommes sur les salaires des employés. Une erreur assez répandue parmi les personnes qui sont chargées de la gestion des caisses de retraite consiste à croire que la situation de la caisse est bonne quand les recettes annuelles sont égales ou supérieures aux frais. L'auteur renvoie au paragraphe précédent, où il a montré combien cette erreur est grossière, et fait ensuite quelques observations très judicieuses sur les conditions dans lesquelles doivent être servies les retraites et aussi sur l'institution des retraites organisée par l'État en faveur de ses fonctionnaires.

Notons en passant qu'en Belgique les statuts des Caisses de

veuves et orphelins instituées par la loi du 21 juillet 1844 sont tels qu'il est impossible d'établir nettement leur situation financière; il n'y a pas de lien mathématique entre les primes versées par les affiliés et la pension promise, qui dépend de la moyenne des traitements des cinq dernières années de service; ceci rend impossible l'évaluation de la charge de l'organisme envers un affilié non pensionné.

46. *Sur les tontines.*

47 et 48. *Assurances contre les maladies.* — *Prime unique d'assurance.* — Théorie analogue à celle des assurances sur la vie et utile aux personnes qui veulent organiser des sociétés de secours mutuels.

La prime unique d'assurance se calcule au moyen d'une *table de morbidité* et aussi d'une table de mortalité et tout à fait de la même manière que la prime unique d'assurance " vie entière ".

En France, on a la table de morbidité d'Hubbard, que l'auteur insère au paragraphe 48. En pratique, il sera bon de faire usage de plusieurs tables de morbidité, relatives aux divers métiers dont on veut assurer les ouvriers.

49 et 50. *Le familistère de Guise.* — *La Compagnie X.* — Il est à regretter que les conditions techniques qui règlent les *Pensions de retraite* au familistère de Guise ne soient pas indiquées. L'auteur cite, en effet, cette Société comme type de société assurant le bien-être de ses employés; il décrit ensuite et critique l'organisation de la Caisse des retraites d'une grande compagnie industrielle française qu'il désigne par la lettre X.

51. *Quelques mots sur la jurisprudence en matière d'assurances.* — Ces notions sont empruntées à un article de M. Chavegrin qui a paru dans la *Grande Encyclopédie.*

52. *Sur les analogies qui existent entre la loi de la mortalité et la loi de l'amortissement.* — Le tableau d'amortissement des obligations d'un emprunt est considéré comme une table de mortalité où les obligations non amorties sont les têtes vivantes, et les autres les têtes décédées. La loi de mortalité, c'est-à-dire le nombre des obligations vivantes à une époque quelconque, est calculée en supposant l'emprunt remboursable par annuités constantes.

55. *Résumé des formules les plus usuelles.* — Ce résumé renferme les primes uniques de 16 opérations d'assurances et leur conversion en primes annuelles.

A remarquer une note qui indique un moyen de calculer l'âge d'un assuré à une date déterminée, connaissant la date de sa

naissance ; ce moyen est très pratique lorsqu'on a souvent à répéter la même opération.

54 et 55. *Conseils aux personnes qui veulent s'assurer. — Liste des compagnies françaises.*

L'auteur termine par un répertoire bibliographique où il indique les principaux ouvrages écrits sur la théorie des assurances sur la vie. Il y a omis cependant le principal ouvrage classique : *Institute of Actuaries' Text Book. Part I. Interest, by W. Sutton. Part II. Life Contingencies, by G. King* (2 vol. in-8°. Londres, C. et E. Layton, 1882 et 1887).

L'index bibliographique est précédé de deux figures : la première représente la courbe de mortalité de la table R. F. (rentiers français) des compagnies françaises comparée avec celle de la table de Deparcieux et celle de la Caisse des retraites de France pour la vieillesse, dite table C. R. ; la seconde représente la courbe de mortalité de la table A. F. (assurés français) des compagnies françaises comparée avec celle de la table de Duvillard et la table anglaise H^M.

E. Fagnart,
professeur à l'Athénée royal de Gand.

VII.

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896. — Un vol. in-18 de v-746+A 26, B 35, C 6, D 11, E 17, F 7, G (table) 42, en tout 895 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

Les additions apportées, cette année, à la partie technique de l'*Annuaire* sont assez importantes. Elles sont succinctement détaillées ci-dessous. Les notices sont au nombre de six ou sept.

I. Partie technique.

Aux descriptions des divers calendriers, julien, grégorien, perpétuel, républicain (solaires), cophte, musulman (lunaire), israélite (luni-solaire), données dans les Annuaires précédents, on a ajouté celle du calendrier chinois, qui est aussi un calendrier luni-solaire comme le calendrier juif (comme aussi quelques autres en usage aux Indes), et implique les mêmes complications. Il est du reste relativement nouveau en Chine, ne remontant pas

au delà du milieu du XVIIe siècle, et réglé sur les mouvements vrais du soleil et de la lune rapportés au méridien de Pékin.

Le chapitre ou division intitulé : *Phénomènes astronomiques principaux, observables en l'année,* est forcément différent d'une année à l'autre, puisque ces phénomènes sont essentiellement variables : éclipses de soleil et de lune, occultations des planètes et des étoiles, phénomènes divers du système jovien, etc. — Nous avons, en 1896, deux éclipses de soleil, d'ailleurs invisibles à Paris : l'une annulaire, le 13 février, visible entre les longitudes 141° 22′ et 8° 45′ O. d'une part, et les latitudes 58° 4′ et 10° 18′ A d'autre part (1), de 2 h. 3^m, 2 à 7 h. 2^m, 7 du soir ; l'autre totale, le 9 août, visible entre 28° 56′ et 157° 1′ de longitude E., 47° 23′ et 3° 15′ de latitude B. (2), de 2 h. 52^m, 8 à 7 h. 44, 2 du matin.

Deux éclipses partielles de lune, partiellement visibles à Paris : la première, le 28 février, de 5 h. 25^m à 10 h. 25^m, 1 du soir ; la seconde, le 23 août, de 4 h. 17^m, 6 à 9 h. 56^m, 1 du matin, font aussi partie du contingent de 1896.

Le tableau des " Étoiles supposées variables „ s'est encore enrichi. De 33 étoiles seulement dans l'*Annuaire* de 1893, de 93 dans celui de 1894 et de 165 dans celui de 1895, il s'élève aujourd'hui au nombre de 190. On a ajouté, à la liste des " Époques maxima et minima pendant chaque mois de l'année des étoiles variables à courte période „, une étoile qui ne figurait pas sur les Annuaires précédents, l'étoile W de la constellation de Céphée.

Mentionnons aussi une note de M. Lœwy, sur la très difficile question de la position de l'*apex,* c'est-à-dire du point de la sphère céleste vers lequel s'avance le soleil avec le cortège de tous les objets sidéraux qu'il retient dans sa sphère d'attraction. Cette donnée est encore très incertaine, puisque, après l'avoir établie par 266°7 d'ascension droite et + 131°0 de déclinaison, on l'estime, sur les nouvelles observations de M. L. Boss, à 280° AR et + 40° D (3).

(1) Sud de l'Afrique, pôle austral et cap Horn.

(2) Est de l'Europe, Asie et pôle boréal.

(3) Une indication qui ne figure pas dans l'*Annuaire,* mais qu'il paraît intéressant de signaler ici, est la suivante. La trajectoire suivie par le soleil ferait partie, d'après M. Bompas (voir un des derniers numéros de l'OBSERVATORY), d'une orbite située au S.-O. du plan de la Voie lactée par rapport à la position de l'*apex ;* et cette trajectoire serait suivie par le soleil dans une direction rétrograde, de l'E. à l'O., suivant un plan incliné de 70° par rapport à la Galaxie. Les planètes exécuteraient ainsi leur révolution circumsolaire dans une direction inverse à celle que le soleil

Dans la division du volume qui concerne la spectroscopie solaire, M. Cornu a introduit une note assez brève mais fort importante, dans laquelle il fait connaître que M. Ramsay a pu identifier l'*hélium*, ce gaz constaté par l'analyse spectrale dans l'atmosphère solaire, mais inconnu, avec un gaz extrait d'un minéral terrestre d'ailleurs fort rare, la clévite, donnant la raie jaune ($\lambda = 587,60$) de l'hélium, gaz qui aurait une densité double de celle de l'hydrogène. Dans ce même gaz, M. Deslandres a observé plusieurs raies chromosphériques non identifiées jusqu'ici, notamment la raie violette (447,18) et la raie rouge (706,55) que l'on croit appartenir, non plus à l'hélium, mais bien au fameux *argon*, ce gaz récemment découvert dans notre atmosphère par lord Rayleigh et M. Ramsay.

Une intéressante addition a été apportée à l'article intitulé : " Tableau des grandes marées de l'année ". C'est une table des grandes marées, en 1896, à Brest et au Havre. Au nombre de 26, les grandes marées, dans ces deux ports, sont réparties entre seize jours dont un en février, le 29, six en mars, un en avril, trois en septembre, quatre en octobre, et le dernier le 5 novembre. En regard de chaque date et des coefficients de marée correspondants, sont données l'heure et la hauteur des dites marées dans chacun des deux ports.

Comme on le prévoyait l'an passé, en rendant compte de l'*Annuaire* de 1895, le nombre des petites planètes comprises entre les orbites de Mars et de Jupiter s'est encore accrû, ainsi qu'il a coutume de le faire chaque année. Nous avions laissé, en fin 1894, ce nombre à 402 ; nous le trouvons parvenu, le 19 octobre 1895, au chiffre de 416. Au bas de la première page de l'article qui le concerne, on lit cette note digne d'attention : " Dans le prochain *Annuaire*, on donnera quelques détails sur la recherche des planètes par la photographie (p. 267). " Or, dans l'*Annuaire* de l'an dernier, au bas de la première page de l'article sur le même sujet (p. 258), on lit une note identique. En lirons-nous une pareille dans l'*Annuaire* de 1897 ?

Celui de 1896 donne les éléments des comètes de 1894, de même que le précédent donnait ceux des comètes de 1893. On en a compté cinq, au nombre desquelles la célèbre comète d'Encke, et celle de Vico et E. Swift, observée pour la première fois en 1678, puis en 1844, et enfin en 1894.

suivrait sur sa propre orbite, situation tout à fait comparable, relativement à la Voie lactée, à celle du système d'Uranus relativement à l'écliptique.

A son article des années précédentes sur les spectres des étoiles, M. Cornu a ajouté un alinéa mentionnant des " Identifications de nouvelles raies stellaires ". Elles sont à rapprocher de celles dont il a été parlé plus haut et qui paraissent se rapporter à l'hélium et à l'argon. M. Lockyer, en observant le spectre de gaz très raréfiés extraits de minéraux rares contenant de l'uranium, y a reconnu une série de raies brillantes qu'il a pu identifier avec celles de la chromosphère du soleil, et avec les raies sombres d'origine inconnue signalées dans le spectre des étoiles blanches de la constellation d'Orion. Suit le tableau comparatif des raies des minéraux, de celles de la chromosphère, des raies photographiées à la faveur de l'éclipse de 1893, et enfin des raies des étoiles d'Orion.

M. Glasenapp, qui s'occupe avec un zèle si persévérant des recherches sur les étoiles doubles et du calcul de leurs orbites, a ajouté à son tableau une orbite de plus, celle de l'étoile Σ 3121, due à M. Gore, ce qui en porte le nombre à 86 ; il y a ajouté quelques déterminations nouvelles, dues à MM. Burnham, Gore et See, d'orbites déjà connues.

Paulo minora canamus, et des étoiles nous passons aux monnaies étrangères et à leur valeur en monnaie française. M. Sudre, auteur du tableau qui les concerne, y a ajouté celles de l'empire d'Éthiopie et du Guatémala qui ne figuraient pas dans les annuaires précédents.

Depuis 1892, l'*Annuaire* consacre régulièrement un article spécial à l'heure légale en France, réglée par la loi du 15 mars 1891. Cette année-ci, les directeurs de ce recueil y ont ajouté une annexe donnant les heures légales à l'étranger. Le système des fuseaux horaires a prévalu dans un certain nombre d'États ; et l'Italie donne aux autres pays l'excellent exemple de compter ses heures, non en deux séries de 0 à 12, mais en une seule de 0 à 24, allant de minuit à minuit.

Arrivons aux cartes magnétiques de M. Moureaux. Ce sont toujours les mêmes que précédemment. Il en est un peu de ces cartes comme des recherches des planètes par la photographie (voir ci-dessus) : c'est toujours pour l'année qui suivra. Ceci soit dit sans d'ailleurs diminuer en rien le mérite au-dessus de tous éloges du laborieux et patient observateur qui, depuis 1888, a recueilli des données aussi minutieuses et aussi multipliées. Il annonce du reste que le travail de revision auquel il s'est livré est actuellement terminé, et que, " lorsque les observations auront été ramenées à une même époque ", il donnera, dans

C'eût donc été une véritable lacune si cette Encyclopédie scientifique n'eût pas compris parmi les ouvrages de la " Section de l'ingénieur „ le résumé de la théorie des assurances sur la vie.

En ce moment où le problème de l'assurance obligatoire se pose partout, la lecture de ce livre démontrera que l'assurance organisée sur des bases rationnelles est une question mathématique. " Les mathématiques, disait M. Cheysson au Congrès des Actuaires tenu à Bruxelles en septembre 1895, doivent être les auxiliaires de l'économie sociale. „

Il faut donc savoir gré à M. Laurent d'avoir enrichi l'Encyclopédie des Aide-Mémoire de ce petit volume où il expose d'une manière concise les principes généraux de la science des Assurances. Il y reproduit avec un peu plus de développements, et conformément aux progrès actuels de la science, les chapitres qu'il a consacrés autrefois dans son *Traité du calcul des probabilités* aux tables de mortalité et aux compagnies d'assurances, ainsi que différents articles qu'il a publiés dans le *Journal des Actuaires français* et le *Bulletin de l'Institut des Actuaires français.*

Comme l'auteur le dit dans un avertissement, ce livre s'adresse au public instruit, et il aurait pu ajouter : au public instruit dans la science mathématique. En effet, toutes les questions qui sont ici traitées, sont résolues de la manière la plus générale et presque constamment à l'aide du calcul différentiel et du calcul intégral.

Le système de notations employé est personnel à l'auteur; à notre avis, le système des notations de l'Institut des Actuaires anglais est préférable, il n'est pas plus compliqué et est plus complet et plus rationnel. C'est ce dernier, du reste, qui a été adopté comme système international, au congrès des Actuaires dont il a été parlé plus haut.

Dans l'ouvrage dont nous nous occupons, on peut distinguer trois parties principales. La première partie a trait à ce qui est la base du calcul des assurances, c'est-à-dire la table de mortalité. C'est d'elle que dépendent la construction du tarif et la détermination des primes qui sont la compensation des risques que court l'assureur. La construction et l'ajustement des tables de mortalité sont ici brièvement esquissés ; aussi cet exposé si concis ne donnera qu'une faible idée des travaux, bien documentés et où toutes les précautions avaient été prises pour éviter toute chance d'erreur, qui ont permis aux Actuaires de divers pays de

dresser des tables qui peuvent être considérées comme l'étalon de l'assurance pour ces pays.

La deuxième partie est consacrée à l'étude des annuités viagères ; c'est de la valeur de cette fonction de l'âge et du taux de l'intérêt que dépendent les primes des différentes opérations d'assurances sur la vie.

Enfin la troisième partie est consacrée au calcul de ces dernières primes et de la réserve.

L'ouvrage entier, qui est précédé d'un avertissement, est développé en 55 paragraphes, dont voici les titres :

1. *Introduction.* — L'auteur indique ici le but des Compagnies d'assurances sur la vie et définit le rôle de l'*Actuaire.* Il rappelle qu'il s'est fondé, dans divers pays, des sociétés appelées *Instituts d'Actuaires.* L'Institut des Actuaires français s'occupe non seulement de l'étude des questions qui intéressent les compagnies d'assurances, mais aussi de celles relatives à l'application des mathématiques aux probabilités, aux sciences économiques et financières. (En Belgique, une société sous le nom d' " Association des Actuaires belges „ est également en voie de formation.)

2. *Tables de mortalité.* — Ce paragraphe renferme la définition de la table de mortalité et montre quel en est le but. L'expression de la *vie probable* et de la *vie moyenne* est ensuite indiquée. On calcule ordinairement la vie moyenne en supposant que les décès se répartissent uniformément dans le cours de chaque année d'âge ; M. Laurent fait abstraction de toute hypothèse et est ainsi conduit à une intégrale pour la valeur de la vie moyenne. Pour calculer cette intégrale, il faut connaître la fonction qui exprime la loi de mortalité. On peut en trouver une valeur approchée au moyen de la formule d'Euler, en suivant la même marche qu'au n° 17 de cet ouvrage.

3. *Courbes de mortalité.*

4. *Construction des tables.* — L'auteur fait tout d'abord remarquer qu'il y a lieu de distinguer, dans la pratique, plusieurs espèces de tables de mortalité. Ainsi, par exemple, le public assuré est un public tout particulier qui doit avoir sa table spéciale. Après l'énumération de quelques-unes des différentes tables existantes, les procédés à suivre pour la construction des tables de mortalité sont exposés sommairement.

5 à 10. *Ajustement des tables. — Interpolation des tables. — Formules de Gompertz et de Makeham. - Choix d'une formule*

l'*Annuaire*, de nouvelles cartes établies d'après ses 644 observations. Espérons que ces nouvelles cartes, objet d'une impatience si légitime et d'ailleurs si honorable pour leur auteur, ne se feront plus trop attendre.

On sait que M. Moissan, l'illustre chimiste, a obtenu, par voie synthétique, un certain nombre de composés nouveaux (parmi lesquels le carbure de calcium, C^2Ca). M. Damour a déterminé les densités respectives de ces nouveaux corps et en a ajouté le tableau au tableau des " Densités de substances diverses ".

Enfin nous clôrons la liste des additions apportées à l'*Annuaire* de 1896 en mentionnant un nouveau chapitre sur les chaleurs spécifiques d'un grand nombre de corps, et sur les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau, dû à M. Cornu. Le tableau des premières comprend trente-et-un corps simples, métaux et métalloïdes tant solides que liquides ou gazeux, neuf gaz composés (gaz du carbone, de l'azote, du soufre, air, etc.), huit liquides, eau comprise, mais dans ses trois états, enfin douze corps composés solides.

II. Les Notices.

On a dit, au début de cet article, que les *Notices* sont au nombre de six ou sept : six d'après les lettres d'en-tête, sept si l'on compte pour deux notices les allocutions funéraires prononcées par deux orateurs différents.

La première Notice, A, par M. Cornu, a pour titre : *Les Forces à distances et les Ondulations*. C'est, en un très beau langage et sous le couvert de considérations scientifiques élevées, un plaidoyer contre le principe même des actions à distance. Le travail du savant académicien ayant été analysé avec détail et apprécié quelques pages plus haut, et les objections à ses conclusions ayant été formulées, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

La Notice B, qui suit, due au même auteur, est extraite du *Livre du Centenaire de l'École polytechnique*. C'est une rapide esquisse biographique du fondateur de l'optique moderne, sous ce titre : *Les Travaux de Fresnel en optique*.

Existence bien remarquable, celle de ce savant, moissonné presque à la fleur de l'âge, à 39 ans, alors qu'on pouvait espérer de lui des travaux et des découvertes plus importants encore ! Assurément on pourrait dire de lui, au point de vue de son dévouement à la science : *Consummatus in brevi, explevit tem-*

pora multa. D'une santé délicate et frêle, la meilleure part de son temps remplie par ses travaux professionnels d'ingénieur des Ponts et Chaussées qu'il accomplissait avec conscience et amour du métier, souvent pourchassé par les tracasseries de la politique, Fresnel n'en a pas moins été en optique, comme le dit excellemment M. Cornu, un créateur et un initiateur de premier ordre. Né en 1788 et entré en 1804 à l'Ecole polytechniqne, il avait été, aux Cent-Jours, suspendu par Bonaparte de ses fonctions d'ingénieur. Réintégré dans son emploi par la Restauration, il eut l'heureuse fortune de trouver dans Arago un appui aussi bienveillant que dévoué et affectueux. Ses méditations sur la théorie de la lumière l'avaient mis en défiance contre l'hypothèse newtonienne de l'émission. Bientôt il jeta les bases de celle des ondulations, par laquelle s'expliquent, en même temps que les phénomènes de diffraction, de réflexion, de réfraction, des couleurs des lames minces (anneaux de Newton), le phénomène des franges d'interférence contraire à la théorie de l'émission et partant inexplicable par elle.

Une grande difficulté se rencontrait dans la polarisation de la lumière qu'expliquait si simplement la conception de Newton, mais qu'on ne se représentait plus aussi bien dans le système des ondulations. Young, après bien des recherches, avait renoncé à résoudre la difficulté. De concert avec Arago, Fresnel arrive, à force d'observations et d'expérimentations, à constater pratiquement que, polarisés dans des plans parallèles, les faisceaux lumineux interfèrent , tandis qu'ils n'interférent pas dans des plans perpendiculaires. Ce fut un grand pas vers la théorie des vibrations transversales, que se refusaient pourtant à admettre les savants les plus illustres, influencés qu'ils étaient par le nom de Newton. Cette hostilité des princes de la science fut un obstacle sérieux à l'adoption de la théorie nouvelle, obstacle que Fresnel, grâce aux clartés de son génie, parvint à surmonter. Il renversa l'objection tirée de l'aberration de la lumière, par une hypothèse sur le rôle de l'éther dans les milieux réfringents dont une célèbre expérience de M. Fizeau devait, un tiers de siècle plus tard, confirmer la réalité.

Sans pousser plus loin l'historique de la lente élaboration par Fresnel des bases fondamentales de la théorie optique qui a prévalu, ce qui serait refaire et beaucoup moins bien le travail de l'auteur, signalons, pour finir, la pénétration d'esprit, la puissance d'imagination, l'unité de plan et la rigoureuse logique qui ont guidé le jeune savant dans ses recherches, dans l'institution de

ces expériences, enfin, dans ses découvertes au service soit de l'accomplissement de ses devoirs professionnels, soit de la théorie à laquelle est à jamais attaché son nom.

Enlevé à la science, à la tendresse de sa mère, à l'affection de ses amis, le 17 juillet 1827, il est probable que, s'il lui eût été donné de parcourir le cycle ordinaire de la vie humaine, il eût lui-même réalisé les développements et perfectionnements de sa théorie, devenus l'apanage des savants qui, venus après lui, ont été formés à son école et à ses initiations.

C'est moins une Notice, au sens rigoureux du mot, la *Notice C sur la construction de nouvelles cartes magnétiques du globe, entreprises sous la direction du Bureau des longitudes,* qu'un programme, tracé par M. le capitaine de vaisseau de Bernardières, des études et observations confiées par la docte assemblée à sept commissions d'officiers de marine et d'ingénieurs hydrographes. Ces commissions, réparties sur les rives de l'Atlantique, du Pacifique, des mers des Indes, de Chine et du Japon dans diverses îles (Madère, Canaries, Açores, Cap-Vert, Islande), et qui seront bientôt complétées par une huitième, affectée au bassin de la Méditerranée, sont chargées de la construction des cartes magnétiques de ces diverses régions, en vue d'arriver, en complétant les travaux des observatoires disséminés un peu partout en Europe et en Amérique, à l'établissement d'une carte d'ensemble de la sphère terrestre, au point de vue des phénomènes de cet ordre dont elle est le théâtre.

Déjà la mission d'Islande, de retour d'une première exploration, a rapporté de nombreuses observations recueillies successivement à Cherbourg, en Écosse, aux îles Shetland, en Islande, en Norwège, en Danemark et dans la mer du Nord. Nul doute que l'*Annuaire* de l'an prochain ne soit en mesure de nous faire connaître d'autres résultats encore.

Sous cette rubrique : D. *Observatoire du Mont-Blanc,* le vénérable M. Janssen raconte sa " troisième ascension à l'observatoire du sommet du Mont-Blanc et les travaux exécutés pendant l'été de 1895 dans le massif de cette montagne ". Cette ascension, effectuée dans les derniers jours de septembre, avait principalement pour objet, d'une part l'installation d'une lunette parallactique de 33 centimètres d'ouverture dans le dit observatoire, ainsi que l'examen du météorographe enregistreur, dont la description a été donnée l'an dernier et qui s'était arrêté, et

d'autre part l'étude des atmosphères solaires à une station assez élevée pour constater la présence ou l'absence de vapeur d'eau dans ces atmosphères. Porté par les guides dans un traîneau de son invention, déjà employé lors des ascensions précédentes, l'illustre directeur de l'observatoire de Meudon put tout à l'aise se livrer à la contemplation du merveilleux spectacle qu'offraient à ses yeux les féeriques transformations, sous l'action du soleil, des nuages et des vapeurs au sein des montagnes qui l'environnaient, et en tirer de savantes conséquences au point de vue de la constitution de l'atmosphère terrestre et de la manière dont s'y comportent les vapeurs d'eau qu'elle contient.

Parti de Chamonix, le jeudi 26 septembre à 7 heures du matin, et arrivé au sommet de la montagne le samedi matin à 8 1/2 heures, après avoir passé la première nuit à la station des Grands-Mulets et la seconde à la cabane des Rochers-Rouges, M. l'astronome Janssen s'occupa immédiatement de l'examen des pièces de la lunette parallactique ainsi que de l'emplacement qui lui était réservé, et put s'assurer que toutes ces pièces pouvaient sans danger passer l'hiver dans l'établissement. Suit la description du dit instrument et de son mode de fonctionnement.

Il s'agissait ensuite de visiter le météorographe et de se rendre compte des causes de son arrêt. Celles-ci paraissent tenir à un certain manque de stabilité auquel il fut d'ailleurs facile de remédier sans démonter l'appareil. D'autres causes, notamment le froid, pourraient, dans l'avenir, causer de nombreux arrêts. Il faudra, vu l'extrême intérêt que présente pour la science cet instrument à longue marche, aviser à parer d'avance à ses dangers.

Vers midi du même jour, la température générale avoisinant zéro, mais le point de rosée étant abaissé jusqu'à — 18°, ce qui impliquait une atmosphère non seulement très rare, mais encore d'une sécheresse extrême, les conditions étaient particulièrement favorables pour élucider le point de physique céleste auquel il a été fait allusion plus haut. Muni d'un spectroscope Duboscq à deux prismes, l'illustre astronome observe un spectre solaire absolument dépouillé des raies d'origine aqueuse des groupes D et C; à peine y soupçonnait-on le groupe *a*, encore était-il si pâle qu'il était difficile de dire s'il était à sa place. " Il était évident, ajoute le judicieux observateur, qu'encore un pas de plus et toute manifestation spectrale aqueuse aurait disparu. „

Pratiquement, la question est donc résolue de l'absence de vapeur d'eau comme de l'absence d'oxygène dans l'atmosphère

solaire. De nouvelles observations comparées ne pourront sans doute que confirmer et rendre définitive cette importante solution.

E. — Enlevé prématurément, à l'âge de 55 ans, le 3 juin 1895, le contre-amiral Fleuriais, membre du Bureau des longitudes, méritait bien l'hommage posthume que lui rend son collègue, M. le capitaine de vaisseau de Bernardières, sous ce titre : *Notice sur la vie et les travaux du contre-amiral Fleuriais.*

Cette belle esquisse biographique se présente sous deux faces distinctes : les campagnes, la bravoure et le dévouement du soldat, — les travaux et les découvertes du savant.

De sa vie militaire, toute d'honneur, de distinction et parfois d'héroïsme, signalons en passant quelques traits, comme la prise d'un camp ennemi, pendant la guerre du Mexique, près de Palizada (Tabasco), à la tête d'une section de 60 matelots; la lutte du jeune officier, commandant une compagnie de fusiliers-marins, pendant la terrible année 1870, contre l'implacable ennemi, lutte interrompue par la maladie mais reprise par lui dès les premiers symptômes de la convalescence, et aboutissant, après la douloureuse retraite du Mans, à un refoulement des Prussiens qui avaient attaqué Pont-de-Gennes. De nouveau repris par la maladie, atteint de l'affreuse variole vers le milieu de janvier 1871, et dirigé sur l'hôpital de Brest, dès le 19 février, à l'expiration de l'armistice, il rejoint son bataillon à Châtellerault et contribue, la guerre étrangère terminée, à la répression de cette infâme Commune, qui naquit d'une sédition soulevée en face de l'ennemi victorieux.

Doué d'un esprit inventif et chercheur et plus particulièrement tourné vers les sciences mécaniques, Fleuriais inventa, à diverses étapes de sa carrière, plusieurs instruments dont quelques-uns sont restés d'un usage courant ou même réglementaire dans la Marine. Citons un hodomètre ou compteur donnant automatiquement tel point estimé ; une machine à résoudre les triangles sphériques ; un sextant à double réfraction obtenue par l'utilisation du pouvoir bi-réfringent du spath d'Islande, instrument qui a, paraît-il, réalisé un grand progrès dans la navigation de nuit ; un loch à moulinet disposé de manière à tourner dans le sillage des navires (1) ; un instrument, auquel il donna le nom de

(1) En récompense de ces deux inventions, l'Académie des sciences avait décerné, en 1881, le prix Plumey au commandant Fleuriais.

gyroscope collimateur, ayant pour effet " de faire apparaître. dans le champ de la lunette du sextant, une ligne de repère capable de servir de base aux observations d'astres lorsque l'horizon de la mer est invisible ou mal défini " ; enfin, un télémètre à réflexion pour l'appréciation des distances de tir à la mer.

Rien d'étonnant à ce qu'un esprit de cette trempe, un savant de cette valeur, ait été souvent chargé de missions scientifiques importantes.

Revenu du Mexique à 25 ans, avec le grade de lieutenant de vaisseau et la croix de la Légion d'honneur (croix bien méritée, celle-là), il fut compris dans la mission chargée, en 1867, par le Bureau des longitudes de la détermination de méridiens fondamentaux. Il en revint au bout de trois ans, ayant fixé, tout autour du monde, la position d'une dizaine de lieux répartis entre l'Amérique du Sud, l'océan Pacifique (îles Sandwich), l'Extrême-Orient et l'Inde. La rosette d'officier fut la récompense de ce haut fait scientifique, récompense largement ratifiée par l'héroïsme déployé quelques mois plus tard, à Pont-de-Gennes, par le brillant capitaine.

En 1874, l'Académie des sciences chargea Fleuriais de la direction de la mission chargée d'observer, à Pékin, en décembre, le passage de Vénus sur le soleil. La manière heureuse dont il s'acquitta de cette tâche délicate lui valut en 1875, de la part de l'Académie, le prix Lalande, et de la part du ministère de la Marine, le grade de capitaine de frégate. Il avait alors 35 ans.

Après avoir contribué à l'observation du passage de Mercure sur le soleil, à Payta, sur les côtes du Pérou, le 5 juin 1878, et à peine de retour en France, il reprit, comme commandant de l'aviso *Le Chasseur*, la route du Pacifique où il se livra à des travaux hydrographiques et détermina la position du petit archipel des quatre-vingts îles Touamotou ou Pomatou (îles Basses) dans la Polynésie française (1). Puis, le 6 décembre 1882, à Santa-Cruz de Patagonie, il observait, avec le même succès que la première fois à Pékin, le second passage de Vénus sur le soleil, y utilisant de la manière la plus heureuse l'emploi de ses prismes biréfringents. Après quoi il remontait à Buenos-Ayres pour mesurer, sous les auspices du Bureau des longitudes, la différence

(1) Entre 135° et 150° de longitude ouest du méridien de Paris, de l'est à l'ouest, 14e parallèle austral (environ) et le tropique du Capricorne du nord au sud.

télégraphique des méridiens de Buenos-Ayres et de Valparaiso, ce qui lui valut une seconde fois le prix Lalande.

A 43 ans, Fleuriais était nommé capitaine de vaisseau, et à 50 ans, en 1890, commandeur de la Légion d'honneur. Deux ans après, le 20 février 1892, il parvenait au grade de contre-amiral, et lorsque la mort de l'amiral Mouchez laissa une vacance au Bureau des longitudes, Fleuriais fut élu pour le remplacer.

Nommé, en avril 1895, commandant en chef de la division navale de l'Atlantique, il fut enlevé, par une maladie foudroyante, le 3 juin suivant, à l'affection de sa jeune famille et de ses amis, au milieu de ses préparatifs de départ.

Nous n'avons pu, dans cette rapide analyse, retracer que quelques traits seulement de la carrière du brillant marin et du savant éminent. Nous nous reprocherions de la terminer sans retracer l'appréciation de son caractère donnée par son biographe et qui en complète dignement l'éloge. Chez l'amiral Fleuriais les qualités du cœur égalaient, si elles ne la dépassaient, la haute portée de l'esprit. Aussi modeste que distingué par la science et l'habileté professionnelle, il se faisait surtout remarquer par une bonté extrême : c'était donc, dans la plus excellente acception du terme, un *homme* et un homme complet.

Les deux discours qui composent la notice F ont été prononcés aux *Funérailles de M. Émile Brunner*, le 24 novembre 1895, le premier par M. Janssen, président du Bureau des longitudes, et le second par M. l'astronome Tisserand.

M. Émile Brunner faisait partie du Bureau comme artiste constructeur d'instruments de haute précision pour les observations astronomiques. M. Janssen s'est attaché à retracer les services considérables rendus à la science, tant en France qu'à l'étranger, par ce constructeur hors ligne, et à signaler en même temps les mérites de l'homme privé et la sûreté de ses relations. M. Tisserand a parlé surtout comme ami personnel du défunt, énumérant les instruments remarquables qu'on lui doit : cercles méridiens portatifs pour la détermination des longitudes ; équatoriaux, cercles azimutaux, appareils pour la mesure des bases dans les triangulations, instruments magnétiques employés pour l'établissement de la carte magnétique du globe. (Une erreur typographique a fait dire à l'auteur de l'allocution : " la carte *magnifique* du globe ".)

En terminant son discours, M. Tisserand a exprimé cette

pensée consolante : " Mon cher Brunner, je vous dis du fond du cœur : adieu, ou plutôt *au revoir !* „ Là est le véritable et plus complet hommage rendu à une mémoire justement honorée.

JEAN D'ESTIENNE.

VIII.

ANNUAIRE DE L'OBSERVATOIRE MUNICIPAL DE MONTSOURIS, pour l'année 1896. (Analyse des travaux de 1894.) — *Météorologie.* — *Chimie.* — *Micrographie.* — *Applications à l'hygiène.* — Un vol. in-18 de IX-(28+503) pp. [La p. 23 est répétée 28 fois.] — Paris, Gauthier-Villars.

Pourquoi donc, alors que, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes,* les titres et rubriques des différentes matières sont si judicieusement répartis dans le corps du volume et si exactement reproduits dans les tables, pourquoi n'en est-il pas de même dans l'*Annuaire de l'observatoire municipal de Montsouris* publié cependant par les mêmes éditeurs ?

Cette défectuosité d'ordre typographique, déjà signalée l'an dernier, semble s'être développée encore dans l'*Annuaire* de 1896. En veut-on des exemples ? On n'aura que l'embarras du choix. La table des matières indique, sur sa première page, en vedette et en lettres capitales, des " *Tableaux mensuels comparatifs de la pluie, de la température, et de la pression barométrique,* pp. 25 et suivantes „. Or, aux pages indiquées, on trouve bien les tableaux, mais aucun titre indicatif (1). De même aux pages 84, 96, 100, 102, 103 ; on y rencontre, sans doute, les tableaux qu'indique la table, mais point sous la rubrique adoptée par elle. A la page 126, c'est tout un article de longue haleine sur les *Phénomènes accidentels et caractères généraux de chacun des mois de l'année météorologie* 1894, *à Montsouris,* qui commence immédiatement au-dessous du chiffre de pagination et dont il faut aller chercher le titre à la table des matières pour

(1) Il est vrai que la première page des dits tableaux est précédée de deux pages de texte sous la rubrique : *Observations anciennes.* Ces observations s'étendent de 1805 à 1894. — Mais la clarté de l'ensemble et la facilité des recherches n'eussent-elles pas gagné à ce que, figurant à la table des matières, l'intitulé des tableaux figurât aussi en tête de ceux-ci ?

savoir de quoi il s'agit. Plus loin, dans le même article, on trouve successivement quatre tableaux ou diagrammes, — partie graphiques, partie à renseignements écrits, — qui sont relatifs à la salubrité climatérique en chacune des quatre saisons : non seulement les titres de ces tableaux, inscrits à la table des matières, ne figurent pas en haut des pages qui les contiennent, mais de plus les en-tête des colonnes, de même que les données écrites, lorsqu'il s'en trouve dans l'intérieur de celles-ci, sont imprimés A L'ENVERS ! En sorte qu'il faut retourner le livre et le tenir sens dessus dessous pour pouvoir les lire. Si une aussi bizarre disposition typographique n'est pas intentionnelle, comment l'a-t-on laisser passer ? Si, au contraire, elle est voulue, ne fallait-il pas tout au moins expliquer la raison d'être (si elle existe) d'une pareille anomalie ?

Ces remarques, d'ordre purement matériel, concernent deux des quatre parties dans lesquelles on peut grouper les matières de l'*Annuaire*. Elles ont même raison d'être dans les deux autres, comme nous aurions occasion de le remarquer en les analysant si nous ne craignions de tomber dans des redites.

Exposons maintenant le plan de l'ouvrage et indiquons les sujets qui y sont abordés.

I. — Nous venons de dire qu'il comprend quatre parties. En réalité, cependant, les travaux du personnel de l'Observatoire sont distribués en trois sections seulement : I° Le Service de Physique et de Météorologie dirigé, jusqu'au 1er juillet 1895, par M. Léon Descroix (1). II° Le Service chimique, sous la direction de M. Albert-Lévy ; et enfin III°, Le Service micrographique, œuvre spéciale de M. le Dr Miquel, qui en est, dans l'Annuaire pour 1896, à son *Dix-septième mémoire sur les poussières organisées de l'air et des eaux*. Mais la MÉTÉOROLOGIE, sous une rubrique figurant en belle page de suite après l'Introduction (et absente à la table), comprend deux séries de travaux distincts. Il y a d'abord, comme dans les Annuaires précédents, les données usuelles du calendrier, les tables de correction des levers et couchers du soleil par rapport à Paris, et des azimuts de ces deux points de l'horizon suivant l'époque de l'année; puis, ce qui n'avait pas encore été donné, les heures et hauteurs des pleines

(1) Admis à faire valoir des droits à la retraite, à la date sus-indiquée, M. Léon Delcroix a été remplacé, le 1er août suivant, par M. Joseph Jaubert.

et basses mers, au Tréport-Mers et à Dieppe, depuis le 1er janvier 1896 jusqu'au 31 décembre, occupant les pages 23 et 23_1 jusqu'à la page 23_{16} inclusivement. Viennent enfin les *Observations anciennes* donnant, sous la forme des *Tableaux comparatifs* dont il a été parlé plus haut, les moyennes mensuelles, année par année à partir de 1805, de la pluie, de la température et de la pression atmosphérique.

II. — Toutes ces indications précèdent le premier des trois grands mémoires correspondant aux trois principaux services de l'Observatoire, mémoire qui a pour titre : *Climatologie parisienne*. On peut, par l'analyse, distinguer trois parties dans ce travail. La première, que la table des matières (non le texte) représente comme contenant les *Valeurs normales des éléments climatériques à Paris*, ajoute aux données de l'Annuaire précédent sur l'évaporation, la vitesse des vents polaires et équatoriaux, les températures extrêmes, l'humidité, les données qui concernent la pression, la température moyenne, la vitesse générale du vent, le total de la fréquence de la pluie, la radiation et la nébulosité. Suivent de nombreux tableaux des oscillations barométriques, thermométriques, des moyennes météorologiques, des variations de la vitesse du vent, de l'humidité, de la force élastique de la vapeur d'eau, des hauteurs d'eaux ; ces tableaux sont complétés par deux autres, donnant, le premier, les résumés mensuels par moyennes et totaux des observations météorologiques de l'année 1894, le suivant, les valeurs extrêmes mensuelles de la pression, de la température, et de la tension de la vapeur d'eau.

La seconde partie du mémoire est occupée par les *Tableaux des moyennes annuelles et mensuelles* des mêmes données depuis 1883, auxquelles il faut ajouter les nombres mensuels des jours de gelée, des jours de pluie et les observations actinométriques.

La troisième partie, intitulée (à la table, non dans le texte) : *Phénomènes accidentels et caractères généraux*, etc. (voir plus haut), contient, pour chacune des quatre saisons, un résumé descriptif, mois par mois, des phénomènes et particularités qui l'ont signalée, le tout synthétisé, au point de vue de la salubrité du climat, par ces fameux tableaux-diagrammes dont nous avons parlé en commençant et qui sont disposés de si heureuse façon qu'on est obligé, pour les pouvoir lire, de tenir le livre à l'envers (1) !

(1) Une erreur typographique s'est également glissée, à leur sujet, dans la table des matières, p. 495, où le diagramme pour l'*été* y est indiqué

III. — Chimie. C'est le titre plus général (non reproduit à la table) sous lequel est distingué du mémoire précédent le mémoire annuel de M. Albert-Lévy sur l'*Analyse chimique de l'air et des eaux. — Analyse des eaux : Méthodes, Résultats ; — Analyse de l'air : Méthodes, Résultats;* telles sont les quatre divisions de très inégale importance entre lesquelles se partage ce mémoire. La plus considérable, et de beaucoup, est celle qui donne les *Résultats* de l'analyse des eaux. Les analyses et recherches portent, en effet, sur des eaux de provenances bien différentes : eaux de rosée, eaux de brouillards, de neige, de pluie, eaux de sources (Vanne, Dhuis, Avre), eaux de rivières (Ourck, Marne, Seine en un grand nombre de stations), eaux d'égout, eaux de drainage, eau de la nappe parisienne souterraine, eaux filtrées et purifiées par divers procédés étudiés à l'Observatoire. Le dosage de l'azote contenu dans les eaux météoriques et la très inégale répartition de celles-ci; les variations de composition des eaux servant à l'alimentation des Parisiens; les teneurs en chaux, en oxygène dissous, en azote nitrique, en matières organiques des eaux de rivières servant aux services publics de la grande capitale ; celles, en ces mêmes matières et, de plus, en chlore, en acide sulfurique, en azote ammoniacal et organique, en résidus sec et volatil, des eaux d'égout et de drainage ainsi que des eaux de la nappe parisienne souterraine, offrent un intérêt suffisant et des documents en assez grand nombre pour remplir jusqu'à 130 pages du volume.

L'analyse de l'air a porté principalement sur les teneurs en ozone, en azote ammoniacal et en acide carbonique d'échantillons prélevés dans l'atmosphère du parc de Montsouris, du centre de Paris et dans les égouts; elle a permis des comparaisons intéressantes sur la composition de l'air de ces différentes provenances.

IV. — Micrographie. On a donné, au § 1 de ce compte rendu, le titre particulier du " Dix-septième mémoire ", compris sous ce titre d'ensemble, toujours non reproduit à la table ; car si la plupart des titres indiqués dans le cours de celle-ci ne figurent point dans le corps de l'ouvrage, en revanche celui-ci en contient quelques autres que la table ne reproduit pas. C'est sans doute pour faire compensation.

Quoi qu'il en soit, le mémoire du savant Dr Miquel se répartit,

printemps. Cette erreur n'est du reste pas reproduite dans le corps du volume, par l'excellente raison que le titre indiqué à la table n'y figure point.

comme ceux des années précédentes, en trois subdivisions dont deux sont constantes et ont pour objet, la première l'*Analyse microscopique de l'air* à Montsouris, à Paris et dans les égouts, la seconde, l'*Analyse micrographique des eaux,* et dont la troisième varie chaque année. Dans l'Annuaire pour 1896, elle traite *De la résistance des spores des bactéries aux températures humides, égales et supérieures à* 100°.

Pour ne pas trop allonger cette analyse, nous laisserons de côté les deux premières subdivisions dont le sujet a été suffisamment indiqué par les comptes rendus des années précédentes, et nous dirons quelques mots de la troisième.

Elle comprend les résultats d'expériences multipliées, effectuées au laboratoire de Montsouris pendant les années 1894 et 1895. — Naguère on admettait, un peu à la légère, qu'aucun organisme vivant ne pouvait résister à une température égale ou légèrement supérieure à 100°. Les partisans des générations spontanées faisaient même grand état de ce prétendu fait pour soutenir leur doctrine. Pasteur prouva qu'au contraire les germes d'un grand nombre de microbes peuvent vivre à une température de 100°, pourvu qu'elle soit humide; que certains liquides comme le lait peuvent être portés à l'ébullition sous la pression ordinaire sans être, pour autant, stérilisés. Il était donc intéressant de se livrer à des expérimentations variées sur la résistance ou la non-résistance des germes à diverses températures au-dessus de 100°. Il est donné la description de 66 expériences successives par lesquelles on a étudié la résistance des germes à des chaleurs variant de 100° à 111° (je néglige les fractions) pendant une heure, pendant une demi-heure, pendant un quart d'heure, et aussi à l'action d'un chauffage discontinu. Ce dernier ne paraît pas avoir donné de résultats pratiques satisfaisants. Pendant les expériences d'une heure, c'est à partir de 104°,7 seulement que la stérilisation était obtenue, à partir de 107°,9 dans les expériences d'une demi-heure, et à partir de 109°,1 seulement dans les expériences d'un quart d'heure.

En résumé, l'on ne doit pas compter, généralement, sur la température de 100° pour stériliser les milieux nutritifs contenant des germes qui proviennent de l'air, du sol ou des eaux, à moins que cette température n'ait été prolongée pendant cinq heures.

JEAN D'ESTIENNE.

IX.

SUR L'ORIGINE DU MONDE, *Théories cosmogoniques des anciens et des modernes*, par H. FAYE, de l'Institut. Troisième édition. — Un vol. in-8° de XI-313 pages. — 1896, Paris, Gauthier-Villars.

La première édition de ce livre, parue en 1884, avait été l'occasion, ici-même, en janvier 1885, d'une étude spéciale, sous ce titre : *La Nouvelle théorie cosmogonique de M. Faye*. Cette nouvelle cosmogonie était en effet la partie la plus essentielle de l'ouvrage, celle qui en faisait la raison d'être et l'originalité. Une année s'était à peine écoulée, que l'éminent auteur donnait une seconde édition, considérablement remaniée et accrue, de son œuvre, y développant avec plus d'ampleur, mais sans le modifier, son système cosmogonique. Une analyse détaillée de cette seconde édition a été donnée dans la partie bibliographique du présent recueil, livraison de janvier 1886.

La troisième, qui vient de voir le jour, onze ans après la seconde, sans en être une simple réimpression, n'y a apporté, cependant, que des modifications de peu d'importance. Nous en parlerons donc brièvement.

Il importe de faire remarquer, toutefois, que la nouvelle théorie imaginée par M. Faye pour échapper aux objections et difficultés de détail que rencontre la théorie de Laplace, n'a pas été unanimement acceptée par le monde savant. Dès l'année 1886, un collègue distingué de M. Faye à l'Observatoire et à l'Institut, M. C. Wolf, publiait, sous ce titre : *Les Hypothèses cosmogoniques, examen des théories scientifiques modernes sur l'origine du monde* (1), un volume très substantiel dans lequel il prenait la défense du système de Laplace et opposait des considérations non sans valeur aux vues d'ailleurs ingénieuses et parfois séduisantes de son contradicteur. Celui-ci n'y a rien répondu ; le temps ne lui a pourtant pas manqué pour cela depuis dix ans, et l'on aurait pu penser qu'il se serait réservé sa troisième édition, celle où son livre devait revêtir, dédié à la mémoire de François Arago, " sa forme dernière et définitive ", pour discuter tout au moins les contre-propositions de son collègue. Il n'en a rien été. Le vénérable président du Bureau des longitudes se borne à constater, dans une note placée à la fin du

(1) Paris, Gauthier-Villars.

chapitre concernant Laplace, que l'hypothèse de l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* a été défendue par son collègue à l'Institut, M. C. Wolf, avec un talent auquel il se plaît à rendre hommage. Puis il ajoute aussitôt, sans tenter même un commencement de discussion : " Néanmoins je crois devoir maintenir intégralement ma critique. „

Cette affirmation tient assurément, de la haute autorité de son auteur, une valeur considérable ; néanmoins, comme celle de l'opposant est également importante, on eût aimé à connaître les motifs pour lesquels le savant astronome du Bureau des longitudes croit devoir n'en pas tenir compte.

Comme dans les précédentes éditions, l'ouvrage commence par un magnifique hommage à l' " Idée de Dieu dans la science „, suivi d'un commentaire de la cosmogonie mosaïque, dont l'excellent esprit, les non moins excellentes intentions qu'il dénote, ne suffisent pas à empêcher de remarquer que l'éminent astronome est moins versé dans l'exégèse biblique que dans les sciences physiques et mathématiques.

Un historique assez développé des idées des anciens et des modernes sur la cosmogonie le conduit naturellement jusqu'à Laplace dont il expose le système, tout en le combattant et en signalant les côtés qui, à ses yeux, ne sauraient être admis. Cet exposé, de même que le chapitre précédent qui concerne Kant, a été presque entièrement remanié. Plusieurs passages de ces deux chapitres ont été supprimés, d'autres ajoutés, et l'ensemble refondu ; mais la pensée générale n'en est pas modifiée.

La quatrième partie, contenant l'heureuse et originale " Classification des mondes „, a été enrichie d'un important paragraphe sur les " Mouvements propres des étoiles „, qui ne figurait pas dans la précédente édition ; notre soleil, considéré dans l'ensemble de l'univers, n'est plus qu'une étoile comme les autres et n'échappe pas à leurs lois : il se dirige, comme on le sait, entraînant avec lui tout son système, vers la constellation d'Hercule avec une vitesse qui ne serait pas inférieure à 8 kilomètres par seconde, soit 15 fois, environ, celle d'un boulet de canon.

Enfin mentionnons, avant de finir, une erreur de calcul qui, signalée déjà dans la première édition, reproduite dans la seconde, n'a pas été corrigée davantage dans la troisième. Supposant, p. 227, la masse du soleil disséminée d'une manière uniforme dans une sphère d'un rayon décuple de celui de la distance de la planète Neptune à l'astre central, il en conclut que la densité

de cette masse, aujourd'hui de 1,4 comparativement à celle de l'eau, deviendrait autant de fois plus faible qu'il y a d'unités dans le cube de 64 500; et il exprime ce cube par le chiffre de *428 trillions*, au lieu de 268 trillions, l'expression $64\,500^3$ étant rigoureusement égale à 268 336 125 000 000.

Cette erreur de détail est, ici, sans importance. Mais dès là qu'elle était signalée, il eût été si aisé de la faire disparaître.

L'ouvrage se termine, comme dans la seconde édition, par des *concordances* entre la cosmogonie de l'auteur et les données géologiques aujourd'hui admises, enfin par l'indication des conditions indispensables pour qu'une planète quelconque puisse entretenir la vie à sa surface ; c'est là un argument péremptoire à opposer aux rêveurs qui veulent placer à toute force des habitants dans tous les astres sans exception, ceux-ci en nombre soi-disant infini.

JEAN D'ESTIENNE.

X.

ANALYSE DES ALCOOLS ET DES EAUX-DE-VIE, par H. ROCQUES. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Petit in-8° de 198 pages; — Paris, Gauthiers-Villars et Masson.

La question de l'analyse des alcools et des eaux-de-vie offre un grand intérêt d'actualité. L'opinion publique est, en effet, vivement préoccupée des ravages produits par l'alcoolisme; et si ceux-ci sont dus principalement à la grande quantité d'eau-de-vie et de liqueurs alcoliques consommées, il sont aggravés par la mauvaise qualité de ces boissons.

M. Rocques, ancien chimiste principal au laboratoire municipal de Paris, a traité la question avec une entière compétence. Voici un aperçu du développement qu'il a donné à son sujet.

Les eaux-de-vie ou alcools naturels sont, comme on sait, obtenus par une simple distillation de jus fermentés de raisins (eaux-de-vie de Cognac, de fine Champagne, d'Armagnac, de Marmande, trois-six de Montpellier, eau-de-vie de marc de Bourgogne, etc.), de pommes et de poires (Calvados, eau-de-vie de cidre et de poiré), de cerises (kirsch), de prunes (quetsch), de canne à sucre (rhum, tafia) ou de moût fermenté d'orge et

d'autres céréales (whisky, gin, genièvre). Dans les eaux-de-vie, l'alcool reste chargé d'impuretés qui en constituent le bouquet et dont la présence doit, par conséquent, être tolérée dans une certaine mesure. Ces produits se consomment en nature et sous leur véritable nom.

Les alcools d'industrie proviennent soit de substances sucrées (alcools de betterave et de mélasse), soit de substances amylacées (alcools de grains, — maïs, orge, seigle, etc., — alcools de pomme de terre et de topinambour). Les produits de la première distillation, appelés flegmes, subissent une rectification qui en élimine les impuretés et le goût d'origine. Les produits de cette rectification sont : l'alcool mauvais goût (environ 8 p. c.), utilisé dans l'industrie; l'alcool moyen goût (30 p. c.), réservé également pour les usages industriels et parfois employé, bien à tort, à la fabrication des liqueurs telles que les absinthes; l'alcool bon goût ou neutre (62 p. c.), servant à la fabrication des liqueurs, à celle des eaux-de-vie factices, aux coupages, etc.

L'alcool éthylique et l'eau sont les éléments constituants principaux de toutes les eaux-de-vie; mais, en dehors de ces deux éléments fondamentaux, ces boissons doivent donc leur qualité, leur parfum, à d'autres corps organiques : alcools supérieurs, acides, éthers, aldéhydes, bases, huiles essentielles, pouvant préexister dans les matières premières ou se produire ultérieurement, pendant la fermentation, la distillation ou le vieillissement.

Le raisin et notamment les pépins donnent aux eaux-de-vie de vin une huile essentielle. La betterave communique aux flegmes un principe odorant très persistant et caractéristique. Les fruits à noyaux, par l'amygdaline qu'ils contiennent, donnent lieu à la présence d'acide cyanhydrique dans les kirschs et les produits analogues.

Durant la fermentation, il se forme à côté de l'alcool éthylique (et de l'acide carbonique, de la glycérine et de l'acide succinique), des quantités minimes d'alcools monoatomiques supérieurs (propylique, butylique, amylique, etc.), de glycol, etc.; ces quantités varient suivant la nature de la levure, la composition du moût et la température de fermentation.

C'est surtout pendant la distillation que prend naissance le furfurol.

Le vieillissement détermine notamment la production d'éthers aux dépens des acides, et la concentration des éléments organiques autres que l'alcool éthylique.

La composition ordinaire des eaux-de-vie varie entre les limites ci-après :

		MINIMA	MOYENNES	MAXIMA
Eau	en volume p. c.	30	59	75
Alcool éthylique	" "	25	40	70
Matières extractives,	en gr. p. 100 c. c.	Traces	0,500	1,500
Alcool amylique et autres supérieurs	" "	Id.	0,080	0,300
Ethers	" "	Id.	0,050	0,150
Acides libres	" "	Id.	0,050	0,150
Aldéhydes (y compris le furfurol)	"	Id.	0,010	0,050
Bases azotées	" "	Id.	0,001	0,002

L'auteur traite d'abord de la recherche qualitative des impuretés des alcools et eaux-de-vie.

Les aldéhydes sont caractérisées le mieux par le bisulfite de rosaniline, avec lequel elles donnent une coloration violette, ou par le chlorhydrate de métaphénylène-diamine, avec lequel elles donnent une coloration jaune.

Le furfurol est décelé par l'acétate d'aniline, qui produit une coloration rouge.

La recherche des alcools supérieurs s'effectue par le procédé Savalle, c'est-à-dire en observant l'intensité de coloration jaune brun obtenue sous l'action de l'acide sulfurique concentré. On opère de préférence après fixation de l'aldéhyde au moyen du chlorhydrate de métaphénylène-diamine (Girard et Rocques) ou par le phosphate acide d'aniline (Mohler).

L'analyse quantitative des alcools et eaux-de-vie comprend les opérations suivantes :

Dosage de l'alcool éthylique, au moyen de l'alcoomètre de Gay-Lussac, directement ou après distillation ;

Dosage des matières extractives; si leur proportion est élevée, dosage du sucre et recherche de la glycérine, du caramel, etc. ;

Dosage des matières volatiles autres que l'alcool éthylique : *a*) évaluation de l'ensemble de ces substances par les procédés de Röse (extraction par le chloroforme), de Traube (capillaromètre et stalagmomètre), de Gossart (homéotrope), de Savalle (coloration par l'acide sulfurique), de Barbet (réduction du permanganate potassique) ; *b*) Dosage spécial des diverses impuretés groupées par fonctions : dosage des aldéhydes et du furfurol par des procédés colorimétriques basés sur les réactions précédemment mentionnées à propos des recherches qualitatives;

dosage des éthers par saponification à l'aide d'un alcali titré ou à l'aide de la baryte ; dosage des acides par titrage alcalimétrique ; dosage global des bases par la méthode Kjeldahl, ou dosage successif de l'azote ammoniacal et de l'azote albuminoïde; dosage des alcools supérieurs par l'essai de Savalle modifié (déjà renseigné parmi les procédés d'analyse qualitative), par l'essai de Röse modifié par Stutzer et Reitmayr, par l'essai de Marquardt (extraction au moyen de chloroforme, oxydation, transformation en sels barytiques et dosage de la baryte), par le procédé de Bardy (basé sur l'emploi de l'eau salée et du sulfure de carbone).

Dans les kirschs et les autres eaux-de-vie de fruits à noyaux, il faut également doser l'acide cyanhydrique et l'aldéhyde benzoïque. Le kirsch normal contient de 0,001 à 0,010 ou 0,015 gr. d'acide cyanhydrique par 100 c. c. Théoriquement, la proportion d'aldéhyde benzoïque doit être la même.

J.-B. A.

XI.

Le Pain : *Technologie, pains divers, altérations ;* par V. Galippe et G. Barré. *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.)* — Petit in-8° de 216 pages. — Paris, Masson et Gauthier-Villars.

Nous avons, en juillet dernier, rendu compte dans cette *Revue* d'un ouvrage de MM. Galippe et Barré traitant du pain au point de vue physiologique. Ils nous présentent aujourd'hui cette denrée au point de vue technologique.

Après avoir rappelé ce qu'était la panification chez les anciens, ils décrivent sommairement les diverses opérations de la fabrication du pain : délayage et malaxage du levain ou de la levure dans la quantité d'eau nécessaire à la préparation de toute la pâte (50 à 60 c. c. pour 100 gr. de farine), addition de sel (3 gr. environ pour un kilogr. de farine), incorporation de la farine (frasage), réunion de la pâte en une seule masse dans le pétrin (contre-frasage), pétrissage ou brassage de la pâte, découpage et pâtonnage, fleurage, achèvement de la fermentation (levage) et enfin cuisson.

Le phénomène le plus important de la panification est la fermentation panaire. Pour les uns, c'est une fermentation alcoolique résultant de l'action du levain ou de la levure sur l'amidon, la dextrine ou le sucre existant dans la farine ; pour les autres, la partie fermentescible est le gluten, qui est d'abord

rendu soluble puis peptonisé sous l'action d'une zymase sécrétée par lui, et enfin assimilé par un microbe fournissant de nombreux produits d'excrétion; le germe de ce microbe existerait normalement dans le grain de blé, et son évolution serait accélérée par la matière albuminoïde soluble que renferme la levure.

La cuisson, en portant la pâte à une température de 100 à 200 degrés, volatilise une certaine quantité d'eau, augmente la porosité du pain par la dilatation des bulles d'acide carbonique qui y sont emprisonnées, transforme l'amidon en amidon soluble et en dextrine, laquelle forme avec le gluten desséché une croûte assez dure. Le pain ordinaire perd, pendant la cuisson, 15 p. c. environ de son poids.

La mie du pain frais a une tendance à se souder à elle-même pendant la mastication et à perdre ainsi sa texture poreuse ; aussi est-elle moins digestible que celle du pain rassis, devenue plus ferme à la faveur d'une modification survenue dans le gluten. On sait qu'il suffit de repasser au four le pain rassis pour lui rendre une partie de sa fraîcheur.

Le pain de luxe ou de fantaisie est souvent additionné de lait, de beurre, d'œufs, etc.

Les petits pains à café sont rendus très spongieux en prolongeant pendant plus longtemps le travail de la pâte, de façon à lui faire absorber une plus grande quantité d'eau.

Les pains de gruau, faits avec de la farine très blanche, contiennent moins de phosphates, de matières grasses et de substances azotées que les pains préparés avec les farines ordinaires.

Pour la fabrication des pains de dextrine, la farine est additionnée de 2 à 4 p. c. de glucose ou de dextrine sucrée.

Dans les pains viennois, l'eau est remplacée en partie par du lait.

La pâte destinée à la fabrication des croissants est additionnée d'œufs.

Les auteurs rappellent ensuite la place importante qu'occupe le pain dans la ration alimentaire de l'homme. Puis ils s'occupent du pain de seigle, d'avoine, de maïs, de soja, de gluten, etc. ; des pains à la viande, au sang, au lait ; du pain bis grillé et du pain de farines torréfiées.

Un dernier chapitre est consacré aux altérations et falsifications du pain.

J.-B. A.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

GÉOLOGIE.

—

La cause géologique des anomalies de la pesanteur. — M. J. Collet (1) a fait observer que, s'il est établi que partout, au voisinage des hautes chaînes de montagnes, il se produise un déficit de pesanteur, on peut en tirer un diagnostic pour déterminer la place des chaînes anciennes, aujourd'hui rabotées par une longue érosion. D'après cela, le déficit de pesanteur constaté sur le parallèle de Bordeaux, ainsi que dans les plaines de la Russie méridionale, pourrait tenir à ce que, sur ces régions, se trouvait une des dépendances de la chaîne primaire, à laquelle M. Marcel Bertrand a donné le nom de chaîne *hercynienne*. L'érosion en a depuis longtemps fait disparaître le relief, mais sans anéantir complètement les particularités de structure et de composition qui caractérisaient ses racines.

L'origine des schistes cristallins. — Depuis longtemps l'origine du terrain de schistes cristallins, c'est-à-dire de gneiss et de micaschistes, donne lieu à une controverse entre deux écoles: l'une qui voit dans ce terrain l'écorce *primitive*, produit du refroidissement superficiel d'un globe originairement igné; l'autre pour qui les schistes cristallins résultent d'un *métamorphisme*, chimique ou mécanique, opéré aux dépens d'anciens sédiments,

(1) ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE, t. VII, nº 1.

soit sous l'influence générale du noyau interne, soit par l'action locale des roches éruptives injectées sous pression.

Il faut reconnaître que, de jour en jour, on voit se multiplier les exemples à l'appui de la seconde manière de voir. Pour nous borner à ce qui regarde la France, les études de MM. Michel-Lévy et Barrois nous ont appris à reconnaître, dans le Plateau Central comme en Bretagne et dans le Cotentin, la généralité du phénomène des *phyllades granulitisés*, engendrant de vrais gneiss et des micachistes, non-seulement avec les phyllades du cambrien, mais avec les schistes du silurien, comme auprès de Cherbourg, et même avec les assises dévoniennes, comme c'est le cas autour du granite de Flamanville.

Voici qu'à son tour M. Bergeron (1), poursuivant ses études sur le massif ancien de la Montagne-Noire, au sud du Plateau Central, est amené à rayer du terrain archéen les gneiss et les micaschistes de ce massif. En effet, il a vérifié le passage latéral des schistes cambriens de la région, d'abord aux schistes à séricite, puis aux schistes micacés et aux gneiss, à mesure qu'on se rapproche de l'axe de la Montagne-Noire. La position de ces schistes ne fait d'ailleurs aucun doute, grâce à leur intercalation entre des bandes de calcaire cambrien non métamorphique.

Les calcaires finissent aussi par se transformer en *cornes vertes* à pyroxène, à épidote, et à amphibole, ces dernières passant aux amphibolites franches. Toutes les amphibolites du massif se raccorderaient ainsi avec les bandes calcaires extérieures. M. Bergeron a observé les mêmes phénomènes dans la région du Vigan et d'Alais.

D'après cela, il est prudent de n'attribuer la dénomination d'*archéen*, prise avec un sens chronologique, qu'aux schistes cristallins qui se montrent surmontés par la série des sédiments précambriens. Même dans ce cas, il convient de s'en tenir au mot d'archéen, qui ne préjuge rien quant au mode de formation, et de ne plus employer le mot de *terrain primitif*, qui présume trop la formation immédiate des schistes cristallins. En effet, il a pu y avoir, antérieurement au dépôt des assises dites précambriennes, des sédiments que le métamorphisme aurait rendus méconnaissables, en effaçant par cristallisation leurs caractères détritiques, en même temps que disparaissaient les traces organiques, s'il y en avait.

MM. Marcel Bertrand et Termier ont d'ailleurs été conduits,

(1) Société géologique de France, 16 décembre 1895.

par leurs études sur les Alpes, à reconnaître que la *gneissification*, si l'on peut s'exprimer ainsi, avait pu atteindre le terrain permien, peut-être même s'élever encore plus haut.

Quant à la cause de ces transformations, tantôt elle est immédiatement visible, grâce à quelque massif granitique, qui a corrodé le terrain encaissant à la manière d'un acide ; tantôt elle reste cachée dans la profondeur, ou bien semble devoir être cherchée dans le *dynamométamorphisme*.

La limite du carboniférien et du permien. — Tandis que, dans l'Europe septentrionale et centrale, le régime marin a été interrompu dès le dépôt du terrain houiller productif, on sait qu'en Amérique il a persisté, sur l'emplacement de l'Illinois, du Texas et du Kansas. De cette manière, à l'heure où se formaient, en Saxe et en Alsace, les dépôts continentaux du grès rouge, une suite ininterrompue de faunes marines se succédaient au centre des États-Unis, de sorte qu'il est extrêmement difficile d'y tracer une limite entre le carboniférien supérieur (étage *ouralien*) et le permien inférieur (*artinskien*).

M. Prosser (1), qui a étudié la série des calcaires et schistes fossilifères du Kansas central, propose de fixer cette limite au-dessus des schistes de Cottonwood, où *Derbya crassa* et *Meekella striato-costata* se montrent associés à *Productus semireticulatus*, surmontant un calcaire massif où abonde *Fusulina cylindrica*.

Le début du permien proprement dit serait caractérisé par l'apparition de *Pseudomonotis Hawni* et *Aviculopecten occidentalis*. Les *Monotis, Bakewellia, Pleurophorus* seraient les genres typiques du système; mais les espèces carboniférienne *Athyris subtilita* et *Productus semireticulatus* s'y retrouveraient presque jusqu'au sommet, sur une épaisseur de plus de 120 mètres.

La flore houillère de l'Amérique du Sud. — On sait quel intérêt s'attache à la répartition des végétaux lors de l'époque houillère, et comment MM. Neumayr et Suess ont été conduits à admettre que, lors du passage du carboniférien au permien, il devait exister un grand continent, s'étendant du Brésil à l'Australie, et caractérisé par la prédominance, dans sa flore, du genre de fougères appelé *Glossopteris*.

(1) JOURNAL OF GEOLOGY, Chicago, 1895, p. 682.

M. Zeiller (1) a pu étudier une série d'échantillons, venant de la province de Rio Grande do Sul, au Brésil, où les genres *Lepidodendron* et *Lepidophloios*, de la flore houillère boréale, sont associés à un *Gangamopteris* et à diverses espèces voisines de celles des couches à *Glossopteris* de l'Inde. Il y aurait donc en ce point une sorte de mélange des deux flores, tandis que, dans la République argentine, un gisement de la province de San Luis ne laisse plus voir que les espèces franchement caractéristiques de la flore à *Glossopteris*.

La région méridionale du Brésil pouvait donc former, au début de l'époque permienne, un trait d'union entre les deux grandes provinces botaniques qui s'étendaient alors, l'une de l'Afrique australe à l'Amérique du Sud, en englobant l'Inde et l'Australie, l'autre sur tout l'hémisphère boréal et peut-être une partie de l'Afrique centrale.

Le Trias himalayen. — Nous avons dit un mot, dans le numéro du 15 janvier 1896, de la richesse paléontologique que déploie le trias dans la région himalayenne. Depuis lors, un travail rédigé en commun par MM. Ed. Suess, Diener, von Mojsisovics et Waagen (2) nous a apporté, avec des détails sur les faunes successives, un essai de classification de tout le trias, uniquement basé sur le développement des genres d'ammonées. Nous signalerons surtout l'abondance des formes de cette famille dans le trias inférieur. Cet étage *werfénien* qui, en Europe, n'offre guère que le genre *Tirolites*, devient si riche en ammonées dans la province indienne que les auteurs y distinguent sept zones, réparties en deux sous-étages, conformément au tableau ci-joint :

Étage scythien	Sous-étage jakoutien		7. Zone à *Flemingites Flemingianus* 6. Zone à *Flemingites radiatus* 5. Zone à *Ceratites normalis*
	Sous-étage brahmanien	Assise gandarienne	4. Zone à *Proptychites trilobatus* 3. Zone à *Proptychites Lawrencianus* 2. Zone à *Gyronites frequens*
		Assise gangétienne	1. Couches à *Otoceras* de l'Himalaya

L'ensemble des zones 5, 6 et 7 correspond au *grès à cératites* du Salt Range, ainsi qu'aux couches à *Ceratites subrobustus* de l'Himalaya.

(1) Soc. géol. de France, 16 déc. 1895.
(2) Sitzungsberichte der Akad. der Wissenschaften, Wien, 1895.

Le nombre des genres d'ammonées trouvés dans le trias inférieur de l'Asie est déjà très considérable. Un seul genre, *Medlicottia*, rattache les couches à *Otoceras* au permien sous-jacent. Mais tandis qu'en Inde ces couches sont triasiques, à Djoulfa, dans l'Asie occidentale, le genre *Otoceras* est dans le permien supérieur. Dans l'Himalaya, les couches en question, où se rencontrent de nombreux *Danubites*, très voisins des *Gyronites*, passent progressivement aux schistes permiens à *Productus* ; et comme les brachiopodes de ces derniers schistes sont ceux des calcaires supérieurs à *Productus* du Salt Range, la zone à *Otoceras* de l'Himalaya vient combler la lacune qui, au sud de la chaîne, séparait le permien du trias.

L'oligocène d'Alatyr en Russie. — Un très-intéressant phénomène vient d'être observé par M. Pavlow (1) à Alatyr, dans la province de Simbirsk en Russie. Les argiles horizontales du néocomien y sont recoupées par un véritable dyke de grès et de sable à grains de glauconie, épais d'environ 30 à 35 centimètres, et vertical. Or le sable est fossilifère, et contient des espèces, comme *Pectunculus tenuisulcatus* et *Astarte Bosqueti*, qui doivent le faire attribuer, selon l'auteur, à l'oligocène inférieur. M. Pavlow pense que, lors de l'invasion, par la mer tertiaire, du territoire qui était émergé depuis la fin des temps crétacés, un tremblement de terre a fait pénétrer dans une crevasse les sables des dépôts oligocènes en voie de formation. Après quoi l'érosion a enlevé tout ce qui n'était pas tombé dans la fente, de sorte que, sans cette chute, on ignorerait complètement que la région ait été envahie par la mer oligocène.

Les plis couchés des Alpes. — Bien des fois, dans les Alpes, on rencontre, au sommet de certaines cimes de roches cristallines, des paquets d'assises jurassiques horizontales. La plupart du temps, on les a considérés comme des sédiments qui se seraient déposés, en discordance, sur la tranche des schistes archéens, et dont l'horizontalité aurait été respectée par le soulèvement, grâce à la rigidité du substratum. Telle est, en particulier, l'explication qu'on donnait de la structure du Mont-Joli, près de St-Gervais, où des schistes noirs liasiques, presque horizontaux, se succèdent sur plus de 1000 mètres de hauteur à partir du sommet.

(1) GEOLOGICAL MAGAZINE, 1896, p. 50.

MM. Marcel Bertrand et Ritter (1) ont montré qu'au milieu de cette série s'intercalaient plusieurs retours de quartzites et de cargneules du trias. En réalité, la montagne est formée par la partie horizontale de cinq plis couchés rabattus les uns sur les autres, plis dont la charnière a été enlevée par l'érosion, et dont la racine se trouve, au-delà du col du Mont-Joli, dans le massif d'Outray. Là, on voit les plis se redresser, devenir presque verticaux, et s'enfoncer en coin dans les schistes cristallins, dont les sépare toujours, non-seulement le trias, mais un ruban de terrain houiller.

Ces plis font donc partie de la grande série de plis couchés à laquelle appartient le couronnement de la Dent du Midi.

La géologie de la Calabre. — Au nombre des descriptions régionales récemment publiées, il en est une qui mérite une mention particulière : c'est celle de la Calabre, par M. Cortese (2). Ce travail est accompagné d'une carte au 500 000e, réduction des feuilles au 50 000e que l'auteur a relevées de 1883 à 1890. Mais ce qui en fait le principal intérêt, c'est la série des coupes coloriées, au nombre de 15, à des échelles variant entre le 50 000e et le 100 000e, sans exagération des hauteurs ; c'est aussi la suite de vues perspectives des côtes calabraises, qui occupe deux planches, et où les couleurs géologiques sont superposées à des croquis fort bien dessinés, qui donnent une idée remarquablement nette des formes du pays. Ces diverses planches sont exécutées avec beaucoup de perfection.

Les coupes mettent bien en évidence la constitution de l'Apennin méridional, avec ses plissements modérés, qui, d'ordinaire, n'affectent pas de couches plus jeunes que l'éocène supérieur, et les fractures qui accompagnent surtout le versant oriental de la chaîne. On y voit très clairement la discordance du pliocène sur tous les autres terrains, ainsi que les effets des soulèvements locaux qui, en certains points, ont porté à 1000 mètres d'altitude, sans en déranger l'horizontalité, les sables jaunes du pliocène supérieur marin.

Un fait à signaler est la grande épaisseur que possèdent, sur les confins de la Calabre et de la Basilicate, les formations calcaires et dolomitiques du trias et du lias. Le trias, en particulier,

(1) Comptes rendus, t. CXXII, 10 février 1896.

(2) *Descrizione geologica della Calabria* ; Memorie della Carta geol. d'Italia, IX, Rome, 1895.

n'aurait pas moins de 2000 mètres ; encore les étages supérieurs seraient-ils seuls représentés. Les calcaires du lias moyen ont 500 mètres ; et comme, parfois, les calcaires crétacés à hippurites viennent s'y superposer, on comprend que le massif du Monte Pollino forme un véritable désert calcaire, aux cimes anguleuses, aux gorges profondes, offrant plusieurs des caractères du Karst illyrien.

Le facies calcaire s'étend d'ailleurs au jurassique tout entier. De nombreuses plaques de calcaire et de dolomie sont superposées aux phyllades de l'archéen dans toute la Calabre, marquant la place de récifs qui se développaient autour des îlots archéens de la région.

Mécanique des plissements terrestres. — L'étude stratigraphique détaillée, que le progrès des exploitations rend possible dans les bassins houillers disloqués, est éminemment propre à faire connaître les lois qui président aux plissements terrestres. M. Bailey Willis (1) et M. Smith Lyman (2) ont tiré, à cet égard, un excellent parti des documents recueillis dans la région des Appalaches. Il ressort de leurs travaux que le développement des plis, dans une région soumise aux effets de la contraction terrestre, dépend surtout de la facilité avec laquelle certaines assises, prédestinées par leur résistance (et que M. Bailey Willis appelle *compétentes*), transmettent la pression reçue. Ce sont ces assises qui déterminent les plis principaux. Mais, dans les intervalles, d'autres couches moins résistantes, ou subissant des variations de composition, d'épaisseur, ou de charge surincombante, peuvent éprouver des plis subordonnés, qui ne se répercutent ni au-dessus ni au-dessous, et se transforment en failles, généralement inverses, quand la limite de résistance est dépassée par l'effort.

M. Lyman affirme que, dans le bassin à anthracite de Pennsylvanie, la moitié des plis principaux sont symétriques, de sorte que le renversement qui ferait plonger les couches de préférence au nord serait beaucoup moins général qu'on ne l'admettait autrefois.

Nous croyons devoir ajouter que les bassins houillers, en vertu même de leur mode de formation, sont particulièrement désignés

(1) *Mechanics of Appalachian Structure.* U. S. Geol. Survey, 12th Annual Report.

(2) Amer. Institute of Mining Engineers, *Atlanta Meeting*, 1895.

pour la production de plis subordonnés, intéressant plutôt les schistes avec houille que les grandes assises sédimentaires qui encadrent les faisceaux de veines de charbon. En effet, ces dépôts se sont formés dans des deltas, où l'épaisseur et la composition des groupes d'assises subissent des variations assez rapides. De là des différences de résistance, qui doivent se traduire en plis secondaires.

A. DE LAPPARENT.

CHIMIE.

L'hélium, élément terrestre. — Les grands succès de l'année chimique appartiennent presque tous à la chimie inorganique. Au commencement de l'année 1895, lord Rayleigh et M. Ramsay, nos lecteurs le savent, ont découvert l'argon. Quelques mois plus tard, M. Ramsay isolait un autre élément, l'hélium. Découvert dans une terre rare appelée *clévéite* (1), ce gaz a attiré sur lui, dès son apparition sur la scène scientifique, l'attention des chimistes et surtout des astronomes.

M. W.-F.-H. Hillebrand avait signalé dans la clévéite la présence d'une dose sensible d'azote susceptible d'être dégagé sous l'influence des acides. M. Ramsay regardait comme très douteux qu'un corps quelconque pût donner de l'azote libre après traitement par un acide. Espérant, d'autre part, trouver une méthode pour faire entrer l'argon en combinaison (car M. Hillebrand avait constaté dans la clévéite un rapport défini entre l'azote et l'oxyde d'urane), le savant chimiste se mit à examiner le gaz.

Il ne fut pas peu surpris, à l'examen spectral du corps obtenu, de reconnaître, à côté du spectre de l'argon, un autre spectre dont la ligne jaune, très brillante, ne coïncidait pas avec les lignes D_1, D_2 du sodium, mais en était très rapprochée. M. Crookes et plusieurs autres savants à sa suite en déterminèrent la longueur d'onde. On reconnut que la nouvelle ligne correspondait parfaitement à la ligne D_3 de l'hélium (Angström 5874,9; Crookes 5876,0; De Forest Palmer 5875,939). Le corps hypothétique des

(1) La *clévéite* ou *clévite*, minéral découvert par Nordenskiöld, est formée d'oxyde d'urane, d'oxyde de plomb, et de 13 p. c. de terres rares.

astronomes entrait donc dans le monde des réalités. Ce fut un nouveau et magnifique succès pour l'analyse spectrale appliquée à l'étude des corps célestes.

Presque en même temps, M. Langlet, élève de M. Cleve à l'université d'Upsal, parvenait, lui aussi, à séparer le gaz de la clévéite. Le spectre, examiné par M. Thalén, laissait voir également la raie jaune de l'hélium.

Cependant on éleva d'abord quelques doutes sur l'identité de D_3 avec la ligne nouvelle ; mais les recherches ultérieures de MM. Crookes, Runge et Paschen, Norman Lockyer, Deslandres, etc., ont établi la coïncidence parfaite des deux raies.

Sans nous attarder plus longtemps à ces travaux qui sont plutôt du domaine de la physique et de la chimie stellaires, nous allons brièvement donner les principaux détails qui concernent davantage notre branche.

L'hélium se trouve dans une foule de terres rares contenant toutes des sels ou des oxydes d'uranium, d'yttrium ou de thorium : l'yttrotantalite, la tantalite, la fergusonite, la polycrase, la monazite, l'orangéite, etc. Les sources les plus abondantes sont la clévéite et la bröggerite.

M. Bouchard et M. Moureu l'ont également découvert dans certaines eaux minérales ; M. Ramsay, dans le fer météorique. Le Dr Palmieri avait déjà vu, en étudiant les gaz sortant de la lave du Vésuve, une raie de longueur d'onde égale à D_3. Les déjections des profondeurs du globe, aussi bien que la surface du soleil, contiennent donc de l'hélium. Il n'existe pas dans l'atmosphère qui nous entoure, ou s'il s'y trouve, c'est en quantités tout à fait inappréciables. M. H. Kaiser l'a cependant remarqué dans l'atmosphère de Bonn, sans doute à cause du voisinage des nombreuses sources minérales du Siebengebirg.

La densité du nouveau gaz est, d'après M. Ramsay, 2,13 (hydrogène = 1), d'après M. Langlet 2,02. La réfrangibilité de l'hélium, rapportée à celle de l'air, est 0,146 ; sa viscosité 0.96. Son coefficient de dilatation est sensiblement le même que celui de l'air. Son point critique est situé en dessous de — 250°. A 18°, un volume d'eau dissout 0,0073 vol. d'hélium. Il est insoluble dans l'alcool absolu et la benzine. De tous les gaz connus, il est donc le moins soluble. Le rapport $\frac{C}{c}$ des chaleurs spécifiques, déterminé par une mesure de vitesse du son, est égal à 1.652, valeur qui se rapproche suffisamment de la valeur théorique 1,66. Le nouvel

élément serait en conséquence monoatomique et aurait comme poids atomique 4,26 ou 4.04 (1).

Comme l'argon, l'hélium est fortement inerte. Toutefois MM. Troost et Trouvard croient avoir combiné ces deux gaz avec le magnésium sous l'influence prolongée de fortes effluves électriques. MM. Nasini et Anderlini disent y être parvenus par la seule action de la chaleur.

L'hélium est donc un élément monoatomique; mais ce que l'on a décoré de ce nom, est-ce bien un corps complètement isolé et non un mélange de plusieurs gaz monoatomiques comme lui? Les spectres différents obtenus par les expérimentateurs, la détermination des densités difficile et aboutissant à des résultats s'accordant fort peu, les propriétés du gaz variant avec la source dont on l'a tiré, tout semble indiquer que l'on a affaire à un mélange et non à une masse homogène. M. E. A. Hill, en étudiant les cinq spectres attribués par Crookes à l'hélium de diverses provenances, va jusqu'à dire qu'il y aurait ici l'apparition de quinze éléments nouveaux; mais, d'après MM. Runge et Paschen, il n'y a dans tous ces spectres que cinq lignes qu'ils n'ont pu identifier avec celles de l'hélium et du gaz X, ou avec celles d'impuretés telles que le carbone, le magnésium, etc.

Nous venons de nommer le gaz X. C'est le nom donné par les deux chimistes à un élément hypothétique qui accompagne l'hélium. Si l'on étudie les spectres de l'argon et de l'hélium, on est étonné de rencontrer dans les deux spectres plusieurs raies absolument identiques, qui semblent indiquer la présence d'un élément commun dans ces deux gaz. D'autre part MM. Runge et Paschen, en opérant sur du gaz retiré de cristaux de clévéite très pure, ont été amenés par des vues théoriques, qu'ils ont ensuite confirmées par l'expérience, à reconnaître dans l'hélium deux éléments, ni plus ni moins : l'un (le plus lourd, d'après eux) est l'hélium, l'autre plus léger doit encore recevoir un nom. Ils sont même parvenus à séparer plus ou moins ces deux gaz par diffusion à travers un tampon d'asbeste. M. Norman Lockyer a repris ces expériences, mais en conservant dans les deux gaz la même pression, condition qui n'était pas réalisée dans l'expérience des professeurs de Hanovre. Il a reconnu que l'hélium est plus léger que l'autre gaz inconnu.

(1) La conduite de l'hélium soumis à la décharge électrique semble montrer aussi qu'il est monoatomique ; l'argon au contraire se montre diatomique dans ces circonstances.

S'il en est ainsi, il est parfaitement inutile de vouloir, dès maintenant, faire entrer l'argon et l'hélium dans une classification chimique se basant sur les poids atomiques. Encore moins doit-on, comme certains savants, rejeter telle ou telle de ces classifications à cause des anomalies apparentes qui se rencontrent dans cette nouvelle classe de corps. Tout au plus peut-on faire quelques suppositions. Ainsi, si le lecteur veut se reporter aux classifications de Mendelejeff et de Lecoq de Boisbaudran, (REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1895, pp. 181 et 185), il verra que, dans la première, l'argon supposé diatomique pourrait se placer dans le 8e groupe, 2e série, immédiatement après le fluor; l'hélium, dans la 1e série, au-dessus de l'azote; le gaz X, dans la même série, au-dessus de l'oxygène ou du fluor; — dans la classification de Lecoq de Boisbaudran : l'argon en γ, l'hélium en β ou peut-être en α, et le gaz X peut-être en β. D'après M. Gladstone, l'hélium et le gaz X trouveraient leurs places dans la table de Mendelejeff dans le premier groupe, entre l'hydrogène et le lithium. Dans ce groupe, tel qu'il est connu aujourd'hui, on remarque entre les poids atomiques des divers éléments des différences croissantes : 6, 16, 16, 26, etc. Si l'on suppose que les poids atomiques des deux nouveaux gaz soient 2 (?) et 4, les différences deviennent : 1, 2, 3, 16, 16, 26, etc. Ce qui porte le savant anglais à ranger ces corps hypothétiques dans le premier groupe, c'est que, selon la remarque de M. Johnstone Stoney, comme tous les métaux qui appartiennent à ce groupe, ils présentent dans leur spectre une triple série de lignes, phénomène qu'on ne retrouve point dans l'analyse spectrale des autres éléments.

Mais comment se fait-il que l'hélium, si léger, ne se rencontre pas dans l'atmosphère? On peut se poser la même question pour l'hydrogène. Voici comment M. Johnstone Stoney répond à l'une et à l'autre. La vitesse du mouvement moléculaire propre de l'hydrogène est trop grande pour qu'il puisse exister libre dans l'air, et, s'il venait à s'y trouver, il ne tarderait pas à quitter notre globe pour émigrer vers un corps céleste exerçant une attraction gravitationnelle assez grande pour le retenir. Pour ceux à qui ne plaît point la théorie cinétique des gaz, ils peuvent croire avec M. F. C. Philipps qu'on trouverait l'hélium en compagnie de l'hydrogène et du méthane dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Selon M. Deslandres, il n'y a plus qu'une seule radiation permanente de l'atmosphère solaire qui n'ait pas été reconnue sur la terre : la raie verte ($\lambda = 5311,6$), appelée raie de la couronne. Elle est spéciale aux régions plus élevées et semble donc appartenir à un gaz plus léger que l'hydrogène, et auquel les astronomes ont déjà donné le nom de *coronium*. A quand sa découverte ?

Combinaison directe de l'azote atmosphérique avec les métaux. — Les azotures métalliques étaient peu connus jusqu'ici, mais la découverte de l'argon a donné une grande impulsion à l'étude de ces corps. C'est que, pour obtenir ce nouveau gaz, il faut le séparer de l'azote en faisant entrer ce dernier en combinaison avec divers métaux tels que le magnésium.

Les premiers composés de cette nature qui aient été formés sont les azotures préparés en 1878, par J. Pellat Rickman. En chauffant du coke avec une base fixe au contact de l'air, il s'aperçut qu'il se produisait, en très minime quantité, un corps renfermant de l'azote et le métal de la base. La mousse de platine, chauffée à haute température, lui donnait dans ces mêmes circonstances les mêmes résultats. Wigled et Geuther, les premiers, firent l'étude sérieuse d'un azoture, l'azoture de magnésium Mg_3N_2, composé qui a joué un rôle si important dans la découverte de l'argon. M. Mallet observa plus tard que le magnésium en brûlant lentement à l'air donne lieu à la formation non seulement d'oxyde, mais aussi d'une poudre grise dans la constitution de laquelle entre l'azote. En chauffant au rouge le magnésium dans un faible courant d'air, M. Méry a obtenu de minimes quantités d'azoture. M. Hinkler en a obtenu davantage en mélangeant la magnésie au magnésium. MM. Rossel et Frank placent par couches, dans un creuset de porcelaine, du carbure de calcium pulvérisé et du magnésium en poudre fine. En chauffant le creuset à la flamme d'un bec Bunsen, ils provoquent la combustion du carbone et du calcium, l'anhydride carbonique et la chaux prennent naissance dans la réaction ; une vive incandescence se produit et, après refroidissement, la presque totalité du magnésium est transformée en azoture Mg_3N_2. L'aluminium, le zinc, le fer et même le calcium, mélangés par couches en poudre fine avec le carbure de calcium pulvérisé, donnent tous lieu à une réaction analogue. D'après les deux chimistes, ces corps se décomposent, au contact de l'eau, en dégageant de l'ammoniaque.

M. Limb, en faisant réagir à température modérée le sodium sur le fluorure double de sodium et de baryum ou sur le fluorure simple de baryum, obtient une substance grise qui n'est, d'après lui, que du baryum réduit. Ce dernier absorbe énergiquement l'azote atmosphérique. M. Maquenne prépare les azotures alcalino-terreux plus facilement encore. Il chauffe dans un tube en verre vert quelques grammes d'un mélange de magnésium et de chaux (ou de baryte, ou de strontiane) pure en poudre. Il obtient ainsi les azotures de calcium, de baryum et de strontium, répondant à la formule $R_3 N_2$.

Mais le métal qui semble avoir le plus d'affinité pour l'azote est le lithium. D'après M. Deslandres, ce métal, qui absorbe l'azote rapidement et même avec incandescence à une température inférieure au rouge sombre, l'absorbe également mais avec moins de rapidité à froid. M. Guntz, qui a fait de ce métal une étude spéciale, a remarqué que la réaction à froid se produisait surtout dans l'air humide. L'azoture de lithium, Li_3N, est un corps rouge-brun, brûlant avec étincelles lorsqu'on le frotte à la lime, ou qu'on le broie dans un mortier. Les surfaces froides de lithium ne tardent pas à se couvrir d'un enduit noir d'azoture, provenant de l'absorption de l'azote atmosphérique.

Les métaux réfractaires. — Les progrès de l'électrométallurgie dans ces dernières années sont presque incroyables. Les méthodes industrielles se sont perfectionnées sans cesse. Les méthodes de laboratoire ne sont pas restées en arrière. On connaît le four électrique de M. Moissan et tous les services qu'entre les mains de son inventeur il a rendus déjà à la chimie depuis sa découverte. C'est au moyen de cet appareil qu'a été réalisée la production du diamant, la cristallisation des oxydes métalliques, la réduction des oxydes réputés irréductibles, la fusion des métaux dits réfractaires, la distillation de la chaux, de la silice, du zircon, enfin la volatilisation rapide de métaux tels que le platine, le cuivre, l'or, le fer, le manganèse, l'aluminium, l'uranium.

M. Moissan s'est appliqué dans ces derniers mois à l'étude de plusieurs corps simples mal connus.

Si le chrome n'occupe pas aujourd'hui dans l'industrie une place privilégiée, cela tient à la difficulté de sa préparation. On n'est jamais arrivé à le produire en quantités notables, et lorsqu'on a voulu utiliser ses importantes qualités pour la fabrication des aciers chromés, il a fallu préparer un alliage de fer et de

chrome très riche en carbone, le ferrochrome. Mais à l'aide du four électrique, on a pu réduire le sesquioxyde de chrome et obtenir ainsi en abondance une fonte de chrome qui donne à l'affinage le chrome pur. Ce métal, bien différent de celui qu'on avait obtenu jusqu'ici, peut se limer comme le fer et prendre un très beau poli. Il est inoxydable et plus infusible que le platine. Les alliages chromés présentent aussi de grands avantages. Le cuivre pur, par exemple, allié à 0,5 p. c. de chrome, prend une résistance presque double, et cet alliage s'altère moins que le cuivre pur au contact de l'air humide.

Le molybdène s'obtient en soumettant à l'action du four un mélange d'oxyde de molybdène et de charbon. La fonte obtenue s'affine par une nouvelle chauffe en présence d'un excès d'oxyde de molybdène. Ce métal fondu possède un grain très fin et une surface brillante. Il peut se limer et, au rouge, se forger sur l'enclume.

Le tungstène est un métal plus infusible encore que le chrome et le molybdène. Il s'obtient sans difficulté au four électrique.

Les oxydes d'uranium sont irréductibles par le charbon aux températures ordinaires des fourneaux, mais l'électricité les réduit sans peine. On obtient un lingot métallique à cassure brillante d'une grande dureté. S'il est légèrement carburé, ce métal fait feu au contact d'un silex. Les parcelles arrachées brûlent avec une intensité et une énergie beaucoup plus grandes que celles données par un morceau de fer.

De tous les corps étudiés par M. Moissan, celui qui s'est montré le plus réfractaire est le titane. Avec un courant de 100 ampères et 50 volts, un mélange de charbon et d'acide titanique a donné le protoxyde de titane ; avec un courant de 300 amp. et 70 volts, on n'a obtenu que l'azoture de titane. Sous l'action de courants plus puissants, 1000 amp. et 60 volts, on a pu préparer un carbure cristallisé, et enfin le véritable titane. Les poudres grises que l'on décore de ce nom ne rappellent en rien le métal pur. Ce corps prend feu dans le fluor ; il ne décompose l'eau qu'au rouge vif, et il possède la curieuse propriété de brûler dans l'azote à haute température. L'azoture de titane a été étudié par Friedel et Guérin. Le titane se combine avec facilité au carbone et au silicium. M. Ramsay a constaté que l'argon n'exerçait aucune action sur ce métal pas plus que sur les autres.

Le point de fusion du titane est très élevé : cette propriété le rapproche du carbone. Il s'en distingue cependant en ce que, à la pression ordinaire et à une très haute température, 3500°

d'après M. Violle, le carbone se volatilise sans se fondre; le titane, au contraire, passe d'abord par l'état liquide.

Les carbures métalliques et leur action sur l'eau. — On se rappelle qu'en 1894 M. Moissan découvrit le carbure de calcium qui, par son action sur l'eau, produit l'acétylène C_2H_2. Depuis lors de nombreux carbures ont été formés au laboratoire électrique de M. Moissan par lui et par ses aides. Tous ces corps se distinguent par les réactions singulières qui prennent naissance lorsqu'ils viennent en contact avec l'eau.

Les métaux alcalins donnent des carbures en $C_2R'_2$; les métaux alcalino-terreux, des carbures en C_2 R''. Au nombre de ces derniers se trouve le carbure de calcium CaC_2, corps déjà bien connu. Le carbure de lithium, Li_2 C_2, est une matière blanche à cassure cristalline, transparente (ce en quoi elle se distingue des autres carbures métalliques). A froid, l'eau donne lieu à un dégagement rapide d'acétylène pur. A 100°, la réaction est violente. Un kilogramme de carbure de lithium fournit 587 litres de gaz, soit environ 250 litres de plus que le carbure de calcium.

Une seconde classe de ces composés produit au contact de l'eau le méthane CH_4. A cette classe appartiennent les carbures d'aluminium C_3 Al_4, et de glucinium CGl_2.

Le manganèse forme avec le carbone un composé CMn_3, étudié déjà par MM. Troost et Hautefeuille. Sous l'action de l'eau, ce corps s'est transformé en hydroxyde et a dégagé un gaz brûlant avec une flamme peu éclairante. L'analyse de ce gaz a décelé la présence, en quantités presque égales, du méthane et de l'hydrogène.

Le cérium, l'yttrium et le lanthane ont fourni des carbures analysés le premier par M. Moissan, les deux autres par M. Petterson. Ils sont de la formule générale C_2 R'''. Le carbure de cérium se présente sous forme d'un culot homogène à cassure cristalline, il se délite à l'air et dégage une odeur fortement alliacée qui rappelle celle de l'allylène. Sous l'action de l'eau apparaît un hydrate de cérium, blanc tant qu'il reste sous l'eau, mais qui tourne au " lie de vin " à l'air libre; en même temps se dégage un mélange d'acétylène C_2 H_2 (75 p. c.), d'éthylène C_2 H_4 (4 p. c.) et de méthane CH_4 (21 p. c.). Plus l'eau est froide, plus la proportion d'acétylène croît aux dépens des deux autres gaz. Les carbures d'yttrium et de lanthane ont la même action sur l'eau, mais ils dégagent en outre de l'hydrogène en petites quantités.

Le zirconium peut former deux composés carbonés, C_2Zr étudié par M. Troost, et CZr préparé par M. Moissan. Ce dernier, de couleur grise et d'aspect métallique, offre ceci d'intéressant que, contrairement à tous les autres carbures des métaux, l'eau est sans action sur lui. Les acides mêmes et les alcalis ne l'attaquent que très difficilement.

Restent deux autres carbures, le carbure de thorium C_2Th et le carbure d'uranium C_2Ur_2, qui présentent une réaction toute particulière lorsqu'on les met en contact avec l'eau. Le carbure d'uranium est une masse à cassure cristalline, d'un aspect rappelant le bismuth, moins dure que les autres carbures métalliques. Comme l'uranium, il donne des étincelles lorsqu'on le frappe avec un corps dur. L'action de l'eau est très curieuse. Elle donne lieu à un dégagement de gaz assez lent, mais qui s'accélère si l'on n'ajoute que peu d'eau, ou si l'on abaisse la température. Le carbure se transforme en un hydroxyde vert qui devient presque noir à l'air libre. Mais l'analyse des gaz obtenus (acétylène 0.5 p. c., éthylène 6 p. c., méthane 79,5 p. c., hydrogène 14 p. c.) montre que les deux tiers environ du carbone manquent pour retrouver la quantité qui se trouvait dans le carbure employé. Où donc est le reste ? Il s'est formé toute une série d'hydrocarbures liquides et solides, qui laissent, après leur distillation, un résidu bitumineux. L'analyse complète de ces produits n'est pas encore achevée. Le carbure de thorium donne lieu aux mêmes réactions; mais la quantité d'hydrocarbures liquides et solides formés est moins considérable.

Certes, s'il fallait encore des traits d'union entre la chimie organique et la chimie inorganique, en voilà un plus frappant que tous les autres. Peut-être aussi cette singulière réaction viendra-t-elle jeter un peu de lumière sur les combinaisons chimiques qui se forment au sein de la terre et viennent se dégager à la surface. Remarquons toutefois qu'il ne serait pas impossible que cette complexité des réactions du carbure d'uranium en face de l'eau ne soit due à ce que ce composé n'ait pas été préparé dans un état de pureté suffisante.

La valence du glucinium. — A la séance du 7 octobre 1895, M. P. Lebeau présentait à l'Académie des sciences de Paris une note sur un carbure de glucinium. Ce carbure, obtenu en chauffant au four électrique un mélange de glucine et de charbon, se rapprochait tellement par ses propriétés du carbure d'aluminium

$C_3 Al_4$, que l'expérimentateur se crut autorisé à donner au nouveau composé une formule analogue $C_3 Gl_4$. Il ressuscitait ainsi une question déjà bien débattue, à savoir la valence du glucinium.

L'analyse du carbure obtenu lui avait en effet donné comme moyenne :

Gl	60,53
C	39,47

Pour attribuer au carbure de glucinium la formule $C_3 Gl_4$, il devait donc donner à cet élément le poids atomique 13,8 (Berzelius: 13,48), au lieu de 9,102 qu'on lui assigne d'ordinaire aujourd'hui. Dans ces conditions, la glucine serait un sesquioxyde Gl_2O_3, et non un monoxyde GlO ; le glucinium serait trivalent et non bivalent.

On peut opposer à cette manière de voir l'expérience de MM. Nilson et Petterson (1884), dans laquelle ces deux savants déterminèrent la densité de vapeur du chlorure de glucinium. De 686° à 800°, elle fut trouvée d'accord avec la formule $Gl\,Cl_2$ et non $Gl\,Cl_3$ ou $Gl_2\,Cl_6$. A la fin de décembre 1894, M. A. Combes avait d'ailleurs apporté à la bivalence du glucinium une confirmation expérimentale de grande valeur. D'après ses recherches, l'acétyl-acétone $CH_3.\,CO.\,CH_2.\,CO.\,CH_3$ possède un atome H et un seul remplaçable par un élément métallique. Les combinaisons que l'on obtient ainsi sont toutes solides, cristallisées, bien définies et volatiles ; on peut facilement mesurer leur densité de vapeur et, par conséquent, connaître avec certitude leur poids moléculaire. Ces composés répondent aux formules globales $(C_5 H_7 O_2)\,M'$, $(C_5 H_7 O_2)_2.\,M''$ et $(C_5 H_7 O_2)_3.\,M'''$.

Voilà donc un critérium de la valence assez infaillible pour qu'on puisse y ajouter foi. Or, la formule du dérivé glucinique est $(C_5 H_7 O_2)_2.\,Gl$, tandis que l'acétyl-acétonate d'aluminium a pour formule $(C_5 H_7 O_2)_3.\,Al$. De cette expérience il semble résulter que la glucine a pour formule $Gl\,O$ et qu'en conséquence le glucinium est bivalent.

D'ailleurs, comme l'a très bien fait remarquer M. L. Henry, ce ne sont pas quelques analogies rencontrées dans les propriétés du carbure de glucinium et du carbure d'aluminium qui suffisent pour faire donner au premier de ces éléments un poids atomique en contradiction avec des expériences si positives. Nombreux sont les composés qui présentent dans leurs réactions de profondes analogies et qui pourtant ont une constitution moléculaire différente. Il suffit de comparer la magnésie MgO,

l'alumine Al_2O_3 et la silice SiO_2, trois oxydes qui présentent sans nul doute de très grandes ressemblances entre eux. Est-il pour cela un seul chimiste qui ait l'intention de ramener la formule de ces trois corps à une forme identique, et de changer ainsi les poids atomiques admis pour le magnésium, l'aluminium et le silicium ?

Nous pouvons donc conclure que la bivalence du glucinium semble aujourd'hui parfaitement établie. Son poids atomique est 9,102 et non 13.480. Cette valeur s'accorde d'ailleurs très bien avec les résultats de l'analyse faite par M. P. Lebeau :

Trouvé par l'analyse :		Calculé pour C_3Gl_4 (Gl=13,48)	Calculé pour CGl_2 (Gl=9,102)
Gl	60,53	60,03	60,33
C	39,47	39.97	39.67

Séparation qualitative du nickel et du cobalt. — Dans le courant de l'année dernière, M. A. Villiers a publié une série de notes très intéressantes sur les sulfures métalliques. Au cours de ces recherches, il s'est vu amené à reconnaître, dans la plupart d'entre eux, au moment de leur formation sous l'action des sulfures alcalins, un état différent de celui qu'ils possèdent après précipitation ; il a donné à cette manière d'être spéciale le nom d'*état protomorphique*. L'exposé de tous les résultats obtenus par M. Villiers nous entraînerait trop loin ; nous n'en citerons qu'un des principaux et des plus pratiques.

Pour peu qu'on ait fait quelques pas dans la chimie analytique, on sait la difficulté que présente la séparation du nickel et du cobalt. Les meilleures méthodes proposées jusqu'ici sont longues et difficiles. L'état protomorphique fournit une réaction très sensible qui différencie complètement entre eux les sulfures de cobalt et de nickel.

Lorsqu'on mélange un précipité de sulfure de nickel avec du sulfure ou de l'hydrosulfure d'ammonium ou de sodium, si ces réactifs sont fortement chargés de soufre, le sulfure de nickel se dissout en grande partie, et la liqueur filtrée devient noire ou brune ; s'ils sont exempts de soufre, et qu'on empêche l'accès de l'air pendant la filtration, le liquide passe incolore, et le sulfure de nickel reste en totalité dans le filtre.

Mais si c'est au moment de sa formation qu'on fait réagir le sulfure de sodium sur le sulfure de nickel, il en va tout

autrement. Versons dans la solution d'un sel de nickel un excès de soude, additionnée d'acide tartrique afin d'empêcher la précipitation de l'oxyde de nickel par l'alcali. En faisant arriver alors un courant de gaz sulfhydrique, il ne se produit pas de précipité, mais le sulfure métallique se dissout à mesure qu'il se forme, et la solution devient tout à fait noire.

Le sulfure d'ammonium, au contraire, ne dissout pas la moindre quantité de sulfure de nickel au moment de sa formation, à moins qu'il n'y ait du soufre en liberté.

La rapidité avec laquelle le sulfure de nickel se transforme dans sa variété insoluble augmente avec l'élévation de la température. En opérant à l'ébullition, par exemple, la majeure partie du sulfure se précipite. Par contre, la solution que l'on obtient à froid jouit d'une grande stabilité et on peut la soumettre à l'ébullition indéfiniment, sans déterminer la séparation du sulfure.

Arrivons-en au cobalt. Si l'on fait passer de l'acide sulfhydrique dans une solution d'un sel de ce métal additionnée de soude et d'acide tartrique, le cobalt se précipite complètement à l'état de sulfure, contrairement à ce qui a lieu pour les sels de nickel, et l'on constate que la liqueur, une fois saturée d'hydrogène sulfuré, passe entièrement incolore.

Le sulfure de cobalt, au moment de sa mise en liberté, est donc incapable de se dissoudre dans le sulfure alcalin ; ou bien, ce qui paraît plus probable, il se transforme en sa modification définitive avec une vitesse telle qu'il échappe à l'action du dissolvant. Ce qui semble le prouver, c'est que dans le cas d'une solution cobaltique très étendue, le sulfure formé se dissout.

De ces différences très nettes que l'on constate dans l'action du sulfure de sodium sur les sels de nickel et de cobalt, on peut tirer une méthode de séparation qualitative de ces deux métaux, facile et sensible à la fois. La liqueur pouvant contenir le nickel et le cobalt est additionnée d'acide tartrique et de soude caustique; on la soumet ensuite jusqu'à refus à un courant de gaz sulfhydrique. En l'absence complète de nickel, le filtrat est incolore. Sa présence est, au contraire, manifestée par la coloration noire ou brune de la liqueur, selon que le nickel se trouve en quantités plus ou moins considérables; s'il n'y en a que des traces, la coloration est encore sensible. La réaction peut indiquer la présence de quelques millièmes de nickel dans un sel de cobalt. Malheureusement, devant une grande quantité de sulfure de cobalt, un peu de sulfure de nickel se précipite, et réciproquement, devant un grand excès de sulfure de nickel, un peu de

sulfure de cobalt est entraîné dans la dissolution, si bien que cette méthode, toute précieuse qu'elle soit, ne peut être jusqu'ici employée pour la séparation *quantitative* des deux métaux.

Nouveau pyromètre de précision. — L'estimation des températures élevées auxquelles se passent certaines réactions, ou bien auxquelles certains corps changent d'état, est pour le chimiste chose souvent très ardue. Aussi la découverte d'un instrument permettant d'une façon commode la mesure de ces températures est-elle pour lui un heureux événement. MM. Heycock et Neville ont construit un nouveau pyromètre basé sur l'accroissement de résistance électrique du platine en fonction de la température. Les mesures se font par la méthode du pont de Wheatstone et des résistances, méthode assez facile et qui ne laisse rien à désirer.

Une question se posait devant les inventeurs : l'accroissement de résistance est-il proportionnel à la température ? Pour la résoudre, ils ont comparé les résultats fournis par leur instrument avec ceux obtenus par d'autres méthodes. Ils ont constaté de cette manière la parfaite régularité de l'accroissement des résistances. MM. Heycock et Neville ont pu établir, grâce à cette découverte, des points de fusion voisins de 1000°. Ces déterminations, qui comportent toute la précision des mesures électriques, donnent, paraît-il, la température exacte à moins d'un degré près.

Voici la liste des points de fusions relevés par les deux savants:

Sn = 231,9	Al = 654,5	K_2SO_4 = 1066
Zn = 419,4	Ag = 960,7	Na_2SO_4 = 883
Mg = 632,5	Au = 1061,7	Na_2CO_3 = 850
Sb = 629,5	Cu = 1080,5	

On remarquera le point de fusion de l'antimoine, 629°.5. On savait que ce métal ne pouvait être liquéfié qu'au four Perrot; mais on donnait ordinairement comme point de fusion 440° à 450°.

Nouvelles contributions à la chimie du silicium. — Le silicium et le carbone, tous deux tétravalents, ont par ce fait même de grandes ressemblances entre eux. Chacun d'eux donne naissance à de nombreux dérivés analogues les uns des autres ; mais les composés du carbone suivent dans leur formation des lois bien différentes de celles qui règlent la combinaison du

silicium. Les dérivés du carbone peuvent être regardés comme formés des hydrocarbures par une série de transformations fort simples. Au contraire, le plus grand nombre des composés siliciés dérivent d'un corps bien autrement stable, l'anhydride silicique. C'est là, sans doute, ce qui explique, d'une part la variété presque infinie des composés du carbone et, d'autre part, le nombre relativement restreint des composés du silicium. Il peut se faire pourtant qu'un jour on doive détacher de la chimie inorganique une chimie du silicium, comme on en a déjà détaché une chimie du carbone.

Woehler, puis MM. Friedel et Ladenburg avaient déjà préparé le silicichloroforme $SiHCl_3$ et le silicibromoforme $SiHBr_3$ à l'aide du silicium cristallisé. M. Gattermann y est arrivé à l'aide du siliciure de magnésium. M. Combes a remplacé ce dernier par le siliciure de cuivre, produit qui se trouve dans le commerce. Par l'action de l'acide chlorhydrique parfaitement sec, le siliciure se décompose intégralement; il ne reste plus que du cuivre. Les produits recueillis donnent à la distillation fractionnée 80 p. c. environ de silicichloroforme, 20 p. c. de tétrachlorure $Si\,Cl_4$ et quelques traces de Si_2Cl_5 et Si_3Cl_8. Avec l'acide bromhydrique le rendement est moins bon ; avec l'acide iodhydrique il est nul; cela tient, sans doute, à la dissociation partielle que subissent ces deux acides.

Dans ses recherches actuelles, M. Combes s'est proposé de réaliser des corps analogues à la paraleucaniline $HC(C_6H_4NH_2)_3$ et à la pararosaniline $HOC(C_6H_4NH_2)_3$, n'en différant que par le remplacement de l'atome de carbone central de ces dérivés du triphénylméthane $HC(C_6H_5)_3$ par un atome de silicium. Il a voulu reconnaître quelle influence aurait cette substitution sur les propriétés des combinaisons obtenues, particulièrement au point de vue de la formation des matières colorantes. Après plus d'un essai infructueux, il est parvenu à former les deux composés : $Si\,[C_6H_4N(CH_3)_2]_4$ et $HSi\,[C_6H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce sont des dérivés phénylés du silicoprotane $Si\,H_4$. Le dernier, notamment, répond à la leucobase du violet hexaméthylé. En l'oxydant en solution chlorhydrique par le brome, le chlore, ou le bioxyde de plomb, on obtient, à la vérité, des matières colorantes ; mais l'analyse montre que ces matières ne sont pas différentes de celles que l'on obtient par l'oxydation de la diméthylaniline $C_6\,H_5\,N(CH_3)_2$. Si l'oxydant est moins énergique, le nitrate mercureux par exemple, on aboutit à d'autres résultats. M. Combes a formé de cette façon un corps de formule $HOSi\,[C_5\,H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce composé se

sulfure de cobalt est entraîné dans la dissolution, si bien que cette méthode, toute précieuse qu'elle soit, ne peut être jusqu'ici employée pour la séparation *quantitative* des deux métaux.

Nouveau pyromètre de précision. — L'estimation des températures élevées auxquelles se passent certaines réactions, ou bien auxquelles certains corps changent d'état, est pour le chimiste chose souvent très ardue. Aussi la découverte d'un instrument permettant d'une façon commode la mesure de ces températures est-elle pour lui un heureux événement. MM. Heycock et Neville ont construit un nouveau pyromètre basé sur l'accroissement de résistance électrique du platine en fonction de la température. Les mesures se font par la méthode du pont de Wheatstone et des résistances, méthode assez facile et qui ne laisse rien à désirer.

Une question se posait devant les inventeurs : l'accroissement de résistance est-il proportionnel à la température? Pour la résoudre, ils ont comparé les résultats fournis par leur instrument avec ceux obtenus par d'autres méthodes. Ils ont constaté de cette manière la parfaite régularité de l'accroissement des résistances. MM. Heycock et Neville ont pu établir, grâce à cette découverte, des points de fusion voisins de 1000°. Ces déterminations, qui comportent toute la précision des mesures électriques, donnent, paraît-il, la température exacte à moins d'un degré près.

Voici la liste des points de fusions relevés par les deux savants:

Sn = 231,9	Al = 654,5	K_2SO_4 = 1066
Zn = 419,4	Ag = 960,7	Na_2SO_4 = 883
Mg = 632,5	Au = 1061,7	Na_2CO_3 = 850
Sb = 629,5	Cu = 1080,5	

On remarquera le point de fusion de l'antimoine, 629°.5. On savait que ce métal ne pouvait être liquéfié qu'au four Perrot; mais on donnait ordinairement comme point de fusion 440° à 450°.

Nouvelles contributions à la chimie du silicium. — Le silicium et le carbone, tous deux tétravalents, ont par ce fait même de grandes ressemblances entre eux. Chacun d'eux donne naissance à de nombreux dérivés analogues les uns des autres; mais les composés du carbone suivent dans leur formation des lois bien différentes de celles qui règlent la combinaison du

silicium. Les dérivés du carbone peuvent être regardés comme formés des hydrocarbures par une série de transformations fort simples. Au contraire, le plus grand nombre des composés siliciés dérivent d'un corps bien autrement stable, l'anhydride silicique. C'est là, sans doute, ce qui explique, d'une part la variété presque infinie des composés du carbone et, d'autre part, le nombre relativement restreint des composés du silicium. Il peut se faire pourtant qu'un jour on doive détacher de la chimie inorganique une chimie du silicium, comme on en a déjà détaché une chimie du carbone.

Woehler, puis MM. Friedel et Ladenburg avaient déjà préparé le silicichloroforme $SiHCl_3$ et le silicibromoforme $SiHBr_3$ à l'aide du silicium cristallisé. M. Gattermann y est arrivé à l'aide du siliciure de magnésium. M. Combes a remplacé ce dernier par le siliciure de cuivre, produit qui se trouve dans le commerce. Par l'action de l'acide chlorhydrique parfaitement sec, le siliciure se décompose intégralement; il ne reste plus que du cuivre. Les produits recueillis donnent à la distillation fractionnée 80 p. c. environ de silicichloroforme, 20 p. c. de tétrachlorure $Si\,Cl_4$ et quelques traces de Si_2Cl_5 et Si_3Cl_8. Avec l'acide bromhydrique le rendement est moins bon ; avec l'acide iodhydrique il est nul; cela tient, sans doute, à la dissociation partielle que subissent ces deux acides.

Dans ses recherches actuelles, M. Combes s'est proposé de réaliser des corps analogues à la paraleucaniline $HC(C_6H_4NH_2)_3$ et à la pararosaniline $HOC(C_6H_4NH_2)_3$, n'en différant que par le remplacement de l'atome de carbone central de ces dérivés du triphénylméthane $HC(C_6H_5)_3$ par un atome de silicium. Il a voulu reconnaître quelle influence aurait cette substitution sur les propriétés des combinaisons obtenues, particulièrement au point de vue de la formation des matières colorantes. Après plus d'un essai infructueux, il est parvenu à former les deux composés : $Si\,[C_6H_4N(CH_3)_2]_4$ et $HSi\,[C_5H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce sont des dérivés phénylés du silicoprotane $Si\,H_4$. Le dernier, notamment, répond à la leucobase du violet hexaméthylé. En l'oxydant en solution chlorhydrique par le brome, le chlore, ou le bioxyde de plomb, on obtient, à la vérité, des matières colorantes ; mais l'analyse montre que ces matières ne sont pas différentes de celles que l'on obtient par l'oxydation de la diméthylaniline $C_5\,H_5\,N(CH_3)_2$. Si l'oxydant est moins énergique, le nitrate mercureux par exemple, on aboutit à d'autres résultats. M. Combes a formé de cette façon un corps de formule $HOSi\,[C_5\,H_4\,N(CH_3)_2]_3$. Ce composé se

dissout facilement dans les acides, et l'on peut obtenir un chlorhydrate solide en faisant agir l'acide chlorhydrique sur sa solution éthérée. Mais, chose singulière, la solution dans les acides et le chlorhydrate solide lui-même sont incolores. D'où cela vient-il ? Cette absence de coloration est-elle due au simple remplacement de l'atome de carbone central ? ou bien l'édifice moléculaire a-t-il été construit sur un autre plan ? C'est ce que M. Combes nous dira sans doute plus tard.

Il serait à désirer de voir ces recherches poussées avec plus d'ardeur par un certain nombre de chimistes. Cette étude ne manquerait certes pas d'intérêt, surtout si l'on remplaçait dans la molécule non pas seulement l'atome central de carbone, mais tous les atomes de carbone par des atomes de silicium ; il est vrai qu'il faudrait pour cela pouvoir construire la molécule de silicobenzine $Si_6 H_6$; le silicium devrait donc avoir des liaisons doubles ; mais pareil travail n'a pas été réalisé jusqu'ici.

Fluorures d'acides organiques. — Au cours de laborieuses recherches, M. Meslans est arrivé à éthérifier directement l'acide fluorhydrique par l'alcool éthylique (1889), l'alcool amylique et la glycérine (1896). En collaboration avec M. Girardet, il présente actuellement les résultats de ses travaux sur les fluorures d'acides. En 1892, M. Meslans avait déjà obtenu le fluorure d'acétyle $CH_3.CO.Fl$. Aujourd'hui les deux chimistes indiquent une méthode générale de préparation de ces éthers. D'après eux, on peut faire la synthèse du fluorure d'un acide de la série grasse ou de la série aromatique en faisant réagir le chlorure d'acide correspondant sur le fluorure de zinc anhydre. Dans la plupart des cas, la chaleur ne doit pas intervenir et le rendement est presque théorique.

Ils ont étudié en particulier le fluorure de propionyle et le fluorure de benzoïle. Le fluorure de propionyle $CH_3.CH_2.CO.Fl$ est un liquide de densité 0,972 (à 15°). Il bout à 44°. On ne peut le conserver dans le verre qu'il attaque assez rapidement. L'action de l'eau, presque immédiate sur le chlorure, est très lente sur le fluorure. A chaud, la réaction s'accélère un peu ; il se forme de l'acide fluorhydrique et de l'acide propionique. Mélangé à une solution alcaline, il se décompose très rapidement en donnant de l'eau, un fluorure et un propionate alcalins. L'action des alcools est lente : elle donne lieu à la formation d'acide fluorhydrique et d'éther propionique. Le gaz ammoniac décompose instantanément le fluorure en fluorure d'ammonium et propion-

amide. Le fluorure de benzoïle $C_6H_5.CO.Fl$, déjà décrit en 1892 par M. Guenez, possède une odeur très irritante et provoque le larmoiement. Son point d'ébullition est situé à 154°. L'eau même à l'ébullition ne le décompose que lentement. L'action des alcalis et du gaz ammoniac sur le fluorure de benzoïle est analogue à celle qu'ils exercent sur le fluorure de propionyle.

M. A. Colson propose une autre méthode de synthèse de ces composés : saturer d'acide fluorhydrique bien sec l'anhydride de l'acide dont on veut obtenir le fluorure. En faisant réagir l'acide fluorhydrique sur l'anhydrique acétique, il obtient ainsi le fluorure d'acétyle $CH_3.CO.Fl$:

$$(CH_3.CO)_2.O + HFl = CH_3.CO.Fl + CH_3.CO.OH.$$

Ce liquide, étudié par M. Meslans il y a quatre ans déjà, bout à 20°8. Sa densité (à 0°) est 1,0369. On peut encore y arriver en versant un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique sur du fluorhydrate de fluorure de sodium. Les mêmes méthodes peuvent conduire à la formation des autres fluorures d'acides.

Toutes ces recherches relatives aux éthers fluorhydriques présentent un véritable intérêt, vu le très petit nombre de composés organiques dans lesquels on est parvenu jusqu'ici à faire entrer le fluor. Il semble que si cet élément est plus rebelle que le chlore pour s'unir à une molécule organique, l'union une fois accomplie est aussi plus stable : témoin l'action de l'eau sur les fluorures et sur les chlorures d'acides.

J. Van Geersdaele, S. J.

PHYSIOLOGIE.

—

Action de la partie intercartilagineuse des muscles intercostaux internes. — Chez les mammifères, les côtes ne s'étendent point de la colonne vertébrale au sternum, mais elles s'arrêtent avant d'arriver à la ligne médiane de la poitrine et se continuent par des cartilages.

Les côtes et les cartilages forment un angle qui s'ouvre en haut.

Les côtes sont reliées entre elles par des muscles, les uns

situés sur un plan antérieur et appelés muscles *intercostaux externes*, les autres formant le plan postérieur et appelés *intercostaux internes*.

Entre les cartilages, on voit également une lame musculaire qui continue les muscles intercostaux internes et que nous appellerons, pour abréger, muscles intercartilagineux.

Les muscles intercostaux internes ont suscité de grandes discussions, trop grandes peut-être si on considère leur peu d'épaisseur, qui ne leur permet pas de jouer un grand rôle dans l'économie. Nous ne nous en occuperons pas.

Les fibres des muscles intercostaux externes aussi bien que celles des muscles intercartilagineux se dirigent obliquement de haut en bas vers le sommet de l'angle formé par les côtes et les cartilages, mais par le fait même qu'elles sont situées des deux côtés de la bissectrice de cet angle, leur direction n'est pas parallèle mais convergente.

Leur action commune est de relever le sommet de l'angle et par là de dilater la poitrine. Au point de vue de la mécanique, ils sont donc inspirateurs.

En va-t-il de même au point de vue physiologique? En d'autres termes, se contractent-ils réellement pendant la phase appelée *d'inspiration ?*

Pour les muscles intercostaux externes, le doute n'est pas possible. Pour les intercartilagineux, la solution n'est pas si claire : car, d'après Martin et Hartwell, ils restent parfaitement inertes quand la poitrine se gonfle, et n'entrent en activité que pendant l'expiration.

Les Drs Paul Masoin (Gand) et René du Bois-Reymond (Berlin) (1) ont conçu des doutes sur l'expérience si paradoxale de Martin et Hartwell et se sont décidés à la répéter.

On sait que le diaphragme agit puissamment dans l'inspiration. Si les intercartilagineux ont une action synchrone avec la sienne, leur influence inspiratrice ne peut plus être déniée.

Si la poitrine restait intacte, on pourrait attribuer la contraction apparente des intercartilagineux à une simple rétraction élastique provenant du rapprochement passif des deux extrémités de chaque fibre pendant la phase d'inspiration.

On doit donc, pour étudier la contraction physiologique du

(1) *Zur Lehre von der Function der Musculi intercostales interni.* Separat Abzug aus ARCHIV FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE, Physiologische Abtheilung, 1896.

muscle, isoler de leurs connexions avec les côtes les deux cartilages entre lesquels il s'étend, tout en respectant les vaisseaux et surtout les nerfs, causes du mouvement physiologique des muscles.

Cette première condition remplie, les expérimentateurs plantent dans l'épaisseur du muscle les deux pointes d'un compas dont les branches s'étendent toutes deux au delà du sommet. Les deux pointes opposées aux premières agissent sur les deux lames élastiques parallèles d'un tambour de Marey et, par leurs mouvements, augmentent ou diminuent la capacité de l'instrument. Grâce à un tube en caoutchouc, ces variations de capacité sont inscrites par le levier d'un autre tambour sur un cylindre enregistreur.

Pour inscrire les mouvements du diaphragme, on se sert d'un levier mobile autour de son centre. L'une des extrémités, en forme de spatule, s'insère entre le foie et le diaphragme, l'autre appuie sur un tambour de Marey qui renvoie le mouvement à un autre tambour armé d'un levier inscripteur.

On a soin d'inscrire les courbes des deux mouvements l'une sous l'autre ; la comparaison devient par là très aisée.

Un simple coup d'œil sur les tracés suffit à démontrer la simultanéité de la contraction du diaphragme et des muscles intercartilagineux. Ceux-ci concourent donc à l'inspiration.

Tel est même l'accord entre le diaphragme et les muscles considérés que l'ammoniaque les arrête tous deux à la fois, et tous deux à la fois également recommencent leur rythme régulier.

Toutefois les muscles intercartilagineux n'entrent pas en fonction chaque fois que le diaphragme agit. Ils semblent plutôt devoir aider et suppléer le diaphragme dans les cas difficiles. Ainsi, dans l'opération exécutée par Masoin et du Bois-Reymond, tant que le thorax n'était pas ouvert, il était impossible de percevoir une contraction des muscles intercartilagineux. Mais dès que l'air, pénétrant dans la poitrine, rendit la respiration pénible, les muscles entrèrent en action.

De même, si on détermine une paralysie du diaphragme par la section des deux nerfs phréniques, les muscles intercartilagineux redoublent d'activité pour combattre la dyspnée.

Le corps problématique de Platner et le ligament intercellulaire de Zimmermann. — Platner a trouvé dans les cellules mâles de la glande hermaphrodite du limaçon un corps différent du noyau et différent aussi du *noyau accessoire*

fréquemment adjoint au noyau dans le protoplasme cellulaire. D'un autre côté, Zimmermann a signalé, chez le limaçon aussi, un cordon reliant plusieurs cellules testiculaires entre elles.

Dans un mémoire publié par La Cellule, Bolles Lee (1) prétend que ces deux apparences sont deux stades d'un seul et même phénomène.

La division des cellules testiculaires de l'Hélix est précédée par la karyokinèse, ou mouvement des éléments spécialement colorables du noyau vers ses deux pôles. Les deux couronnes polaires ainsi obtenues sont reliées par un fuseau de fils fins achromatiques.

Généralement ce fuseau disparaît quand la division cellulaire est achevée.

Dans l'*Helix*, il n'en va pas de même. Le fuseau, réduit, défiguré, persiste. S'il se retire tout entier dans une des cellules filles, c'est le corps problématique de Platner ; s'il se trouve en partie dans une cellule fille, en partie dans l'autre, c'est le ligament intercellulaire de Zimmermann.

Quand une des cellules filles se divisera à son tour, le nouveau fuseau s'adjoindra parfois au reste de l'ancien, trois cellules se trouveront alors réunies par le ligament. Et le procédé se perpétuant, un même ligament peut se prolonger à travers douze cellules, comme l'a constaté l'observateur.

Dans les figures de Bolles Lee se voient tous les stades, depuis le fuseau simple jusqu'au long ligament se poursuivant dans l'intérieur de cellules multiples. Nécessairement ces figures ont été empruntées à des cas différents les uns des autres ; sinon, l'hypothèse de Bolles Lee ne serait plus simplement une probabilité, mais une vérité établie.

Ganglions spinaux et racines postérieures des nerfs spinaux. — On sait depuis longtemps que les racines postérieures des nerfs spinaux n'ont point pour origine la moelle, mais les ganglions spinaux.

Les cellules de ces ganglions sont bipolaires chez les poissons adultes ; l'un des prolongements va vers la périphérie, l'autre se dirige vers la moelle et forme la racine postérieure.

Chez les vertébrés supérieurs, la cellule ganglionnaire n'a qu'un prolongement, mais il se bifurque bientôt et ses deux branches se rendent également à la périphérie et à la moelle.

(1) *La Régression du fuseau caryocinétique*. La Cellule, t. XI, 1er fasc., 1895, p. 27.

Si l'on consent, — et on aurait mauvaise grâce de ne pas le faire, — à considérer le prolongement unique comme une expansion de la cellule, émettant une fibre de part et d'autre, la différence entre les poissons et les vertébrés supérieurs s'évanouit pour ainsi dire, et on peut considérer toutes les cellules ganglionnaires comme bipolaires, la seule différence étant que les deux pôles — non les pôles géométriques mais les pôles physiologiques — sont très éloignés chez les poissons, sont infiniment voisins chez les autres vertébrés.

Mais cette marche des deux pôles l'un vers l'autre n'est pas une simple conception de l'esprit, c'est un fait. Chez les vertébrés supérieurs, les cellules ganglionnaires commencent par être franchement bipolaires. Mais, peu à peu, le protophasme cellulaire se porte tout entier d'un côté de l'axe unissant les deux pôles et s'étire à partir de cet axe. La partie étirée forme le prolongement unique, et les deux fibres, qui partaient d'abord de deux points diamétralemant opposés, semblent maintenant partir d'un point unique.

D'un autre côté chez les poissons, qui généralement ne dépassent pas le stade embryonnaire à deux pôles franchement accusés, on trouve cependant parfois l'état plus avancé de la fusion des pôles. Freud, Nansen et Retzius avaient déjà signalé le fait chez les poissons vermiformes semblables aux lamproies. Lenhossek, le premier, avait trouvé la même disposition chez un poisson tout à fait digne de ce nom, le *Pristiurus*, appartenant au même ordre que les requins. Isidore Martin (Louvain) (1) a eu la fortune de la constater même chez un poisson tout à fait commun, la truite.

La truite lui a permis même de signaler un nouveau trait de ressemblance entre les poissons et les autres vertébrés. En pénétrant dans la moelle des vertébrés supérieurs, la fibre centrale des cellules ganglionnaires se bifurque en un filet ascendant et un filet descendant. Chez les poissons, la lamproie seule avait fourni un exemple de cette bifurcation. La truite nous en donne un second exemple d'une plus haute portée encore, car il s'agit d'un poisson répondant mieux au type ordinaire de la classe à laquelle il appartient.

L'inanition chez le lapin. — Si on veut étudier l'effet de

(1) *Contribution à l'étude de la structure interne de la moelle épinière chez le Poulet et la Truite.* LA CELLULE, t. XI, 1er fasc., p. 53.

certains médicaments ou de certains poisons sur les échanges nutritifs, il faut évidemment procéder par comparaison avec l'état ordinaire. Mais cette comparaison n'aura aucune valeur si les autres conditions ne sont pas identiques. Si l'attention se porte, par exemple, sur la quantité et la nature des substances éliminées, il est nécessaire de tous points que la quantité et la nature des aliments ingérés ait été la même.

C'est plus simple en théorie qu'en réalité, par la bonne raison qu'après l'ingestion des substances chimiques dont on cherche à déterminer l'effet, l'animal se refuse à manger, et il est difficile de l'y forcer.

Heymans (Gand) (1) a cru, avec raison, qu'il était plus aisé de renverser les rôles et de mettre l'animal sain dans les conditions de l'animal privé d'appétit : il suffit de ne donner à manger ni à l'un ni à l'autre.

Mais si on connaît assez bien la manière dont s'éliminent les aliments chez un animal qui mange, l'excrétion a été moins étudiée chez les sujets soumis à l'inanition. Il y avait peu de données, surtout relativement à un animal qui méritait cependant mieux par les services qu'il rend en physiologie, le lapin. Frerichs et Bischoff n'avaient expérimenté que sur un sujet. Rubner avait le record avec cinq lapins.

Heymans en a employé trente, dont un, très résistant, a dû passer trois fois par l'épreuve. Le nombre des observations est donc de trente-deux. Chez les autres lapins, l'expérimentation a été continuée jusqu'à la mort de l'animal.

Au moyen d'une alimentation convenable, Heymans amène d'abord les animaux à l'état d'équilibre pour la nutrition. Dès que la balance entre les gains et les pertes est établie, il examine l'urine et les substances qui la constituent.

Il retire ensuite toute nourriture, non-seulement solide mais liquide, et fait les mêmes observations qu'auparavant sur l'urine excrétée.

Chez le lapin, l'urine ne s'évacue pas d'une manière régulière, même à l'état normal. Aussi chacune des observations particulières porte sur une période de trois jours.

Tous les résultats sont d'abord donnés en nombres, puis représentés par des courbes sur un graphique. Cette dernière méthode permet au lecteur de saisir d'un coup d'œil l'allure des phénomènes.

(1) *Recherches expérimentales sur l'inanition chez le Lapin.* Extrait des ARCHIVES DE PHARMACODYNAMIE, vol. II, fasc. III et IV, 1896.

Le graphique est distribué en six colonnes donnant les variations du *poids*, de la *quantité d'urine*, de *sa densité* et des *quantités respectives d'urée, d'acide phosphorique* et *de chlorure de sodium*.

Les temps de survie des animaux varient beaucoup; il est cependant possible de prendre une moyenne, car, en excluant les sujets trop jeunes ou non encore parvenus à l'équilibre de nutrition, les écarts deviennent moins considérables, et on peut fixer à vingt jours la survie des lapins soumis à l'inanition.

La diminution de poids est assez régulière, non seulement pour le même lapin, mais pour l'ensemble des sujets; car non seulement chaque variation est représentée par une ligne assez droite, mais la plupart des droites sont parallèles,

La perte de poids, au moment de la mort, varie entre 37 et 56 p. c. La moyenne pour les sujets ordinaires peut être fixée à 44 p. c.

La quantité d'urine émise est loin d'être aussi régulière que la variation de poids. Dans les cas les plus fréquents, elle diminue d'abord pour augmenter ensuite.

La densité croît à peu près tout le temps.

La quantité absolue d'urée monte ou descend au début, mais, dans la presque universalité des cas, il arrive toujours une période où elle monte rapidement et s'élève bien au-dessus de la valeur initiale.

L'explication de ce phénomène n'est peut-être pas difficile. Le lapin, à l'état d'inanition, vit de sa propre substance, il devient carnivore, et il n'est pas étonnant que, s'alimentant aux dépens de substances riches en albuminoïdes, il fournisse une quantité notable d'urée.

La quantité d'acide phosphorique atteint aussi, d'ordinaire, un maximum supérieur à l'état normal.

La quantité de chlorure de sodium monte assez souvent au début, mais elle redescend ensuite en dessous de sa valeur initiale.

GUILL. HAHN, S. J.

GÉOGRAPHIE.

—

Le traité de Simonoséki, par le professeur baron von Richthofen (1). — On connaît les grandes lignes du traité sino-japonais : reconnaissance de l'indépendance de la *Corée;* forte indemnité de guerre à payer par la Chine; franchises commerciales assurées au Japon et par le fait aux puissances ayant des conventions avec l'Empire des Célestes ; enfin abandon au gouvernement de Tokio de l'île *Formose* et de la presqu'île de *Liao-tung*.

Ces cessions territoriales ont soulevé une vive opposition, notamment en Russie et en France. Or ces grandes protestataires ont amputé à la Chine, sans que l'Europe s'en alarmât outre mesure, des territoires autrement vastes que ceux acquis par le Japon. A la première, qui devait ouvrir à la Sibérie un débouché vers le sud de la mer d'*Ochotsk,* est échu le pays de l'*Amour* et celui d'*Ousouri,* jusqu'à la frontière de Corée, soit 450 000 kilomètres carrés; à la seconde, qui avait déjà deux grands intérêts en Chine, ses missions et son commerce, sont tombés en partage, à la suite du traité de paix du 9 juin 1885, l'Annam et le Tonkin, états vassaux de la Chine couvrant une superficie de 230 000 kilomètres carrés.

A quelles causes donc attribuer l'émotion causée par le traité de Simonosèki? Il ne s'agit plus seulement de quelques lambeaux de province : Liao-tung n'a que 20 000 kilomètres carrés et 500 000 habitants, et Formose 38 000 kilomètres carrés et trois millions d'habitants. On redoute un déplacement du centre de gravité des forces politiques et militaires, et surtout une modification dans l'équilibre économique en Chine.

La première de ces craintes est momentanément *amoindrie;* le Japon a renoncé à la presqu'île de Liao-tung, sa conquête

(1) Cet article a paru le 15 juin 1895 dans la GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT, publiée à Leipzig. La traduction qu'en a faite M. Marcel Vanderkindere est insérée dans la REVUE DE BELGIQUE, 15 novembre 1895, pp. 264-294. Par ses longues études et l'expérience qu'il a acquise au cours de douze années de voyages dans l'Extrême-Orient, M. von Richthofen est parfaitement en situation de prévoir les conséquences des récentes victoires japonaises. Son travail contient des enseignements à méditer et à mettre en pratique sans retard.

stratégique la plus considérable; la seconde crainte n'a rien perdu de son acuité.

Examinons consciencieusement le nouvel état de choses qui semble se préparer dans l'Extrême-Orient. C'est une intéressante étude géographique, politique et économique.

La *Mandchourie* méridionale, depuis *Schan-haï-Kwan,* la porte fortifiée de la grande muraille, à l'ouest, jusqu'au fleuve *Yalou,* à l'est, porte le nom chinois de *Schöng-King.* Sa capitale s'appelle *Mukden,* en langue mandchoue, et *Föng-tiën* en chinois. La province est divisée en deux parties par le fleuve *Liao : Liao-shi,* c'est-à-dire à l'ouest de la Liao, et *Liao-tung,* à l'est de cette rivière. C'est la partie du Liao-tung conquise par leurs armées que les Japonais voulaient se réserver.

Le Liao est navigable pour les bateaux de faible tonnage et forme le seul havre du pays environnant, donc de la Mandchourie.

Le port où se trouvent les factoreries étrangères porte dans les contrats, etc., le nom de la ville située à 55 kilomètres de là, à l'est-nord-est, *Niu-tschöng;* son véritable nom, le seul employé dans les documents militaires, est *Ying-Kou* ou *Ying-tzé-Kou.*

Une autre place importante de la presqu'île de Liao-tung est *Haï-tschöng-hsiën,* située au pied des montagnes. Fortifiée, elle pourrait servir de place stratégique et commander la plaine méridionale de la Mandchourie.

La presqu'île de Liao-tung a peu de valeur comme territoire et comme centre de colonisation; le pays est très montagneux; le noyau se compose de chaînes de montagnes fort rapprochées, formées de gneiss et de granit, et d'une altitude moyenne de 750 mètres. Le sol arable est rare, si ce n'est près des côtes, à l'extrémité méridionale desquelles se trouve le golfe de *Lu-Schung* ou *Port-Arthur,* transformé par les Chinois en port militaire de premier ordre, mais construit en vue d'une attaque par mer, et non par terre, comme cela s'est produit dans la guerre sino-japonaise.

Port-Arthur a une grande importance stratégique et politique. Distant de cent kilomètres à peine du port de *Weï-haï-wei,* à la côte de Schan-tung, il est la clef de la *mer Jaune* et assure la liberté du passage vers *Pékin* et la Mandchourie.

Les Japonais ont fait consacrer par la Chine l'indépendance de la Corée.

Cette presqu'île, profonde en latitude de six degrés, est peu favorisée de la nature et a une situation géographique fort malheu-

reuse. Elle est rattachée au continent par un relief montagneux de 2500 mètres d'altitude, très sauvage, mais non inaccessible, profondément raviné et couvert de forêts vierges impénétrables. Ses eaux s'écoulent au nord vers la *Sungari*, à l'ouest vers le *Yalou*.

De ce massif se détache, d'une manière peu connue encore, la curieuse chaîne qui longe la côte orientale sur une grande longueur et projette de nombreux rameaux dans le pays, tourmenté par là de façon extrême. Comme toute la contrée d'ailleurs, elle est formée de roches primaires traversées de puissantes couches de granit ; on ignore ses trésors minéraux. Le versant de cette chaîne a une pente rapide vers la mer, où se trouve une côte unie et assez étroite, n'offrant que deux baies profondes. Une de celles-ci, la baie de *Gen-san* ou *Port-Lazaref*, peut devenir une porte d'entrée à l'est de la Corée. La puissance étrangère qui s'y installera fera une dangereuse brèche dans la muraille qui couvre le pays de ce côté.

Au sud et à l'ouest, une plaine plus étendue sépare les flots de l'océan, poussés contre une côte escarpée et rocheuse, des contreforts de la montagne. Il en descend quelques fleuves d'une certaine importance, mais de mince utilité pour la culture. En raison du relief, leurs eaux sont torrentueuses et ne déposent d'alluvions que dans de rares endroits. Ces sédiments forment le long des côtes, échancrées en baies profondes, mais impraticables, des deltas de nulle valeur, car ils sont couverts à chaque marée montante.

Quelles sont les conséquences de cette situation géographique de la Corée ? L'isolement et l'indépendance de la population, à laquelle le professeur von Richthofen reconnaît une haute individualité ; la prise de contact avec la civilisation chinoise et japonaise ; enfin et surtout une menace d'invasion permanente de la part de ses voisins.

Depuis l'absorption si complète de la Mandchourie par la colonisation, l'immigration et la langue chinoises, la situation de la Corée vis-à-vis de la Chine avait bien changé. Il en était résulté pour ce pays non seulement une vassalité nominale, exclusive de toute domination permanente ou mélange des deux populations, mais un contact étroit, très menaçant pour l'indépendance du pays.

Si ce péril paraît écarté, l'horizon est-il absolument serein ? Peut-être, mais il faudra sans doute compter avec le Japon.

Depuis la fin de leurs luttes dynastiques, les Japonais ont

pris pied en Corée. Leurs invasions arrêtèrent le développement des Coréens, qui sont cependant bien doués du côté de l'intelligence et supérieur aux envahisseurs sous le rapport physique. Des industries prospères ont disparu et l'agriculture agonise depuis l'abandon de la culture en terrasses.

La Corée devenue indépendante saura-t-elle se relever par ses propres forces de l'état minable où elle est tombée? M. von Richthofen semble ne pas le croire. Il se demande, à n'envisager les choses qu'objectivement, donc sans s'occuper de la politique ni des intérêts commerciaux de l'Europe, il se demande, disons-nous, si le protectorat japonais ne serait pas le salut du royaume de Séoul?

La possession de Formose a une très grande valeur. Coupée par la ligne des tropiques et soumise au régime des moussons, l'île est fort fertile et, dans les parties bien exposées, peut donner deux et trois récoltes par an. Il ne serait pas étonnant qu'elle renfermât des richesses minières; à la pointe nord tout au moins sont les mines de charbon de *Kilung,* qui sont mal exploitées.

Malheureusement trois millions de Chinois peuplent l'île, et il paraît difficile de les soumettre sans faire parler la poudre.

Quoique privée de bons ports, Formose, stratégiquement et politiquement parlant, constitue pour une puissance maritime une solide position contre la Chine et ses alliés.

L'ouverture, garantie par des traités, de villes de l'intérieur et de nouveaux ports au commerce étranger, a toujours été le but de la politique européenne en Chine. Les choix n'ont pas été tous heureux. Citons *Kiu-Kiang, Wou-hou, Wen-tschou-fou, I-tschang-fou.*

L'ouverture des places qu'ont réclamé les Japonais, et qui sont presque toutes situées dans la vallée du *Yang-tse-Kiang* et de ses affluents, prouve leur connaissance des grandes voies commerciales et des richesses de la Chine intérieure.

Schang-hsing-fou est à 160 kilomètres de *Shang-haï.*

Sou-tschou-fou et *Hang-tschou-fou,* situées dans le réseau de canaux s'étendant à l'ouest de cette dernière ville, en sont en quelque sorte des extensions et en sont éloignées de 140 et 175 kilomètres.

Ces trois places sont les centres des districts producteurs de la soie dans les provinces de *Kiang-sou* et *Tse-Kiang.* Or la soie joue un grand rôle au Japon : depuis quatre ans les Japonais ont porté de 13 000 à 600 000 le nombre des broches servant à sa fabrication.

Le *Yang-tse* sort, près d'I-tschang-fou, d'une étroite gorge montagneuse et se répand dans la fertile plaine de *Hu-Kwang*, donc dans les provinces de *Hupei* et de *Hunan*. Voyant que cette ville marquait la limite de la navigation régulière à vapeur sur le grand fleuve, les commerçants étrangers la considérèrent comme la porte d'entrée de la province de *Sse-tschwan*, et en obtinrent l'ouverture. Le choix n'était pas heureux. Pour le commerce intérieur, les voies navigables du Sze-tschwan aboutissent à *Scha-schi*, à cheval sur le Yang-tse, un peu en amont de I-tschang-fou, et point de concentration des canaux qui s'embranchent sur ce cours d'eau. Ces voies navigables établissent d'ailleurs les communications au nord avec le fleuve *Han* et avec *Hankou*, au sud avec le lac *Tung-ting* et le réseau fluvial du Hunan.

Scha-schi, siège des affaires des principaux commerçants chinois, occupe un des premiers rangs pour le commerce intérieur et est le centre d'un grand district producteur de coton.

Hsiang-tan-hsién est le premier marché ouvert aux étrangers dans la province de Hunan. Il est placé sur la grande voie commerciale et presque exclusivement fluviale qui relie Canton et le moyen Yang-tse aux provinces occidentales, et est le point de réunion des fleuves servant au transport des richesses carbonifères de la contrée.

C'est une des villes les plus peuplées de la Chine et une place financière fort importante. Les grandes banques de l'empire y ont des succursales.

Enfin *Tschung-king-fou* est le centre bien connu du commerce et des communications du Sze-tschwan, la plus belle et la plus riche des provinces chinoises par la variété de ses produits, entre autres la soie et le charbon. La ville est située au confluent du Yang-tse et du *Kia-lung-kiang*. Mais ce dernier cours d'eau est-il navigable aux steamers ?

Les concessions territoriales et économiques que la Chine a dû faire au Japon sont-elles de nature à modifier les relations des puissances occidentales avec l'Extrême-Orient ? Nous ne le pensons pas. Elles viennent plutôt compléter la " politique économique agressive de l'Europe ", c'est-à-dire les avantages politiques et commerciaux qu'un vif esprit d'union a valus aux puissances occidentales.

Ce qui pourrait modifier ces relations, c'est la brusque entrée en scène des Japonais ; elle révèle une situation de fait, dont on commence à embrasser toute la portée.

En Chine la population, forte d'un demi-milliard d'habitants, est sobre, habile, intelligente, tenace au travail ; la main-d'œuvre à un bon marché inouï ; les produits du sol, innombrables et très variés ; enfin les richesses carbonifères, encore non exploitées, des plus importantes. D'après les gens bien informés, les matières brutes pourraient être obtenues en Chine à plus bas prix que chez nous et en Amérique, et le pays se suffire à lui-même et concourir victorieusement sur d'autres marchés avec la pauvre Europe. Cette échéance toutefois semble lointaine : le gouvernement chinois s'oppose à toutes les innovations, chemins de fer, usines, etc., de crainte de tuer la petite industrie plus développée dans l'Empire des Célestes qu'elle ne l'a jamais été dans aucun autre pays.

Au Japon au contraire, où la population vaut à peu près celle de la Chine, que voyons-nous? Des idées toujours larges ouvertes à tous les progrès et un développement intérieur qui est peut-être l'événement le plus extraordinaire de l'histoire de la civilisation chez les peuples isolés. Impossible de rechercher ici les causes de ce développement. Indiquons quelques-uns de ses éléments : sentiment intense d'unité nationale ; introduction d'un code civil et religieux fort sévère, et comme conséquence, création d'un corps social solidement établi ; assimilation rapide de la civilisation occidentale, avec les rouages et institutions qu'elle comporte, enseignement scientifique, organisation politique et militaire, voies de communications rapides, etc. ; vigoureux élan donné à l'industrie mécanique et au commerce. " En Chine, on trouve exceptionnellement dans les travaux de l'homme un angle absolument droit ou même deux poutres de construction convenablement assemblées. Au Japon, au contraire, tout est d'un fini achevé dans la technique mécanique. L'industrie décèle une conception très fine, un sens rare de l'ornementation et, dans beaucoup de créations, une habileté „ pas commune en Europe.

Les industries d'art, textiles, etc., sont déjà très développées au Japon. Ce pays ne suffit pas seulement à sa propre consommation ; il exporte en Chine, où il accaparera de plus en plus les richesses du sol et du sous-sol, et lutte déjà victorieusement contre les prix anglais à Singapour et sur d'autres places de l'Asie orientale. D'après le baron von Richthofen, les ouvrages de mécanique de précision, pour lesquels le Japonais a une adresse héréditaire, prendraient même sous peu le chemin de l'Allemagne, où l'on ne peut pas les produire avec le même soin à des prix rémunérateurs.

Les victoires japonaises, qui ont été une révélation et qui nous menacent d'une évolution économique considérable, doivent aussi être envisagées au point de vue politique; elles intéressent sérieusement plusieurs nations.

D'abord la Chine. Pour la première fois dans l'histoire, elle a perdu la place de puissance prépondérante en Asie orientale. Le gouvernement du Mikado peut exercer sur elle sa dictature et arrêter sa marche vers l'est. Or cette marche était un danger, car les Chinois auraient pu insensiblement s'implanter dans le pays pour y établir leur protectorat. En raison de leur habileté commerciale plus grande que celle des Japonais, ils auraient accaparé tout le petit commerce et épuisé le peuple.

La Russie est particulièrement affectée par les changements survenus dans l'Extrême-Orient. Son expansion territoriale ne sera plus aussi facile; comme elle, le Japon veille et guette la possession de la Corée et d'une partie de la Mandchourie, qui semblait une proie si facile. Or le Japon est un adversaire sérieux et le deviendra davantage. A ne se mettre qu'au point de vue purement défensif, il y aura nécessité pour la Russie de recourir à un plus grand déploiement de forces dans l'Asie orientale.

Formose n'est guère loin des Philippines; il est donc impossible à l'Espagne de rester indifférente au succès des armées japonaises. Nous reconnaissons que le danger n'est pas imminent; mais encore faut-il une sage prévoyance.

Les destinées politiques de la France, une autre grande puissance asiatique, ne sont pas menacées pour le moment.

Les grandes vues qui doivent dominer le débat, ce ne sont pas les intérêts particuliers des puissances, c'est le commerce général de l'Europe dans l'Extrême-Orient et la situation économique du monde entier. Les grandes intéressées sont l'Allemagne et surtout l'Angleterre, qui a la part du lion dans le trafic de la Chine, à laquelle elle paye en quelque sorte en opium indien le thé et la soie qu'elle en extrait.

Que doivent faire les peuples de l'occident pour obvier à cette situation? Rivaliser dans l'emploi des moyens propres à activer l'essor de la Chine.

L'ouverture forcée de l'Empire Céleste se fera sentir sous peu de manière fort sensible, dans l'économie financière du monde. L'exploitation de vastes mines de charbon, le travail du fer intimement lié à l'extraction de la houille, l'emploi des immenses forces productives du peuple, la création de moyens de locomotion

modernes ouvrent un large champ à l'esprit d'entreprise et aux capitaux européens. Le Japon a une grande avance sur les autres nations, grâce à son voisinage immédiat et à sa double nature de puissance asiatique possédant les éléments de la civilisation européenne. Raison de plus pour atténuer les dangers du nouvel état de choses qui vient de se manifester dans l'Extrême-Orient, mais dont la guerre sino-japonaise n'est qu'un premier acte à peine terminé.

L'île de Norfolk (1). — Cette île, découverte par le capitaine Cook en 1776, est située dans l'océan Pacifique, par 29°3'45" lat. S. et 167°58 6" long. E. Elle se trouve à 980 milles E. N. E. de Sydney et presque à mi-chemin entre le cap North (Nouvelle-Zélande), et la Nouvelle-Calédonie, respectivement à 400 milles S. S. E. et N. N. O. de ces deux points. Elle a 5 milles de long et 3 milles de large ; sa superficie totale est de 8600 acres.

Les rocs à pic qui bordent la côte en rendent l'approche presque impossible. Par temps calme, les vaisseaux de passage peuvent cependant utiliser deux points situés l'un au sud, l'autre au nord de l'île.

Le sol, d'une couleur chocolat foncé, est généralement très fertile. Il nourrit la plupart des plantes des régions tropicales et tempérées: café, canne à sucre, bananes, légumes et fruits de toutes espèces : oranges, citrons, raisins mûres, etc.

Il y a une flore particulière à l'île. On peut citer le fameux pin de Norfolk *(Araucaria excelsa)*, un palmier *(Areca Baueri)*, une magnifique fougère arborescente *(Alsophila excelsa)*. Les seules forêts de quelque importance se trouvent sur le mont Pitt (313 mètres), sur la chaîne à laquelle il appartient, et sur les terres basses du nord-ouest.

Depuis 1788, Norfolk-Island a été plusieurs fois l'objet de tentatives de colonisation. Le dernier essai, couronné de succès celui-là, date de 1856. Sur des démarches pressantes, le gouvernement anglais céda Norfolk aux insulaires de l'île Pitcairn, distante de 4820 kilomètres. Le 8 juin 1856, ils débarquèrent dans leur nouvelle patrie, qu'ils firent prospérer.

Le gouvernement de l'île est représenté par trois fonctionnaires élus chaque année par les habitants. Leurs pouvoirs émanent du gouverneur de la Nouvelle-Galles du Sud, qui est

(1) D'après les renseignements fournis à M. Paul Wenz par M. Isaac Robinson, consul des États-Unis dans cette île. COMPTE RENDU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, 1895, pp. 314-317.

Les victoires japonaises, qui ont été une révélation et qui nous menacent d'une évolution économique considérable, doivent aussi être envisagées au point de vue politique; elles intéressent sérieusement plusieurs nations.

D'abord la Chine. Pour la première fois dans l'histoire, elle a perdu la place de puissance prépondérante en Asie orientale. Le gouvernement du Mikado peut exercer sur elle sa dictature et arrêter sa marche vers l'est. Or cette marche était un danger, car les Chinois auraient pu insensiblement s'implanter dans le pays pour y établir leur protectorat. En raison de leur habileté commerciale plus grande que celle des Japonais, ils auraient accaparé tout le petit commerce et épuisé le peuple.

La Russie est particulièrement affectée par les changements survenus dans l'Extrême-Orient. Son expansion territoriale ne sera plus aussi facile; comme elle, le Japon veille et guette la possession de la Corée et d'une partie de la Mandchourie, qui semblait une proie si facile. Or le Japon est un adversaire sérieux et le deviendra davantage. A ne se mettre qu'au point de vue purement défensif, il y aura nécessité pour la Russie de recourir à un plus grand déploiement de forces dans l'Asie orientale.

Formose n'est guère loin des Philippines; il est donc impossible à l'Espagne de rester indifférente au succès des armées japonaises. Nous reconnaissons que le danger n'est pas imminent; mais encore faut-il une sage prévoyance.

Les destinées politiques de la France, une autre grande puissance asiatique, ne sont pas menacées pour le moment.

Les grandes vues qui doivent dominer le débat, ce ne sont pas les intérêts particuliers des puissances, c'est le commerce général de l'Europe dans l'Extrême-Orient et la situation économique du monde entier. Les grandes intéressées sont l'Allemagne et surtout l'Angleterre, qui a la part du lion dans le trafic de la Chine, à laquelle elle paye en quelque sorte en opium indien le thé et la soie qu'elle en extrait.

Que doivent faire les peuples de l'occident pour obvier à cette situation? Rivaliser dans l'emploi des moyens propres à activer l'essor de la Chine.

L'ouverture forcée de l'Empire Céleste se fera sentir sous peu de manière fort sensible, dans l'économie financière du monde. L'exploitation de vastes mines de charbon, le travail du fer intimement lié à l'extraction de la houille, l'emploi des immenses forces productives du peuple, la création de moyens de locomotion

modernes ouvrent un large champ à l'esprit d'entreprise et aux capitaux européens. Le Japon a une grande avance sur les autres nations, grâce à son voisinage immédiat et à sa double nature de puissance asiatique possédant les éléments de la civilisation européenne. Raison de plus pour atténuer les dangers du nouvel état de choses qui vient de se manifester dans l'Extrême-Orient, mais dont la guerre sino-japonaise n'est qu'un premier acte à peine terminé.

L'île de Norfolk (1). — Cette île, découverte par le capitaine Cook en 1776, est située dans l'océan Pacifique, par 29°3'45" lat. S. et 167°58 6" long. E. Elle se trouve à 980 milles E. N. E. de Sydney et presque à mi-chemin entre le cap North (Nouvelle-Zélande), et la Nouvelle-Calédonie, respectivement à 400 milles S. S. E. et N. N. O. de ces deux points. Elle a 5 milles de long et 3 milles de large ; sa superficie totale est de 8600 acres.

Les rocs à pic qui bordent la côte en rendent l'approche presque impossible. Par temps calme, les vaisseaux de passage peuvent cependant utiliser deux points situés l'un au sud, l'autre au nord de l'île.

Le sol, d'une couleur chocolat foncé, est généralement très fertile. Il nourrit la plupart des plantes des régions tropicales et tempérées: café, canne à sucre, bananes, légumes et fruits de toutes espèces : oranges, citrons, raisins mûres, etc.

Il y a une flore particulière à l'île. On peut citer le fameux pin de Norfolk *(Araucaria excelsa)*, un palmier *(Areca Baueri)*, une magnifique fougère arborescente *(Alsophila excelsa)*. Les seules forêts de quelque importance se trouvent sur le mont Pitt (313 mètres), sur la chaîne à laquelle il appartient, et sur les terres basses du nord-ouest.

Depuis 1788, Norfolk-Island a été plusieurs fois l'objet de tentatives de colonisation. Le dernier essai, couronné de succès celui-là, date de 1856. Sur des démarches pressantes, le gouvernement anglais céda Norfolk aux insulaires de l'île Pitcairn, distante de 4820 kilomètres. Le 8 juin 1856, ils débarquèrent dans leur nouvelle patrie, qu'ils firent prospérer.

Le gouvernement de l'île est représenté par trois fonctionnaires élus chaque année par les habitants. Leurs pouvoirs émanent du gouverneur de la Nouvelle-Galles du Sud, qui est

(1) D'après les renseignements fournis à M. Paul Wenz par M. Isaac Robinson, consul des États-Unis dans cette île. COMPTE RENDU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, 1895, pp. 314-317.

lui-même gouverneur titulaire de Norfolk. Les taxes sont inconnues dans ce petit coin de terre; mais le *Chief Magistrate* et ses conseillers font appel aux hommes de 18 à 60 ans, qui doivent, du 3 janvier au mois de juin, fournir chacun quatre journées de travail, principalement pour l'entretien des routes. Il n'y a d'autre revenu public que le produit de quelques amendes insignifiantes. Les appointements du *Chief Magistrate* sont de 625 francs; le *Registreur* des terres et le chef du bureau des postes reçoivent 125 et 200 francs. Le docteur et le chapelain sont en partie payés avec un fonds accumulé depuis des années et placé à Sydney par le gouverneur.

Les lois, peu nombreuses, pourraient s'imprimer sur deux pages de papier d'écolier; elles répondent à tous les besoins, car on ignore ici le crime, la prison, et l'usage des spiritueux, dont l'entrée est prohibée, sauf pour les usages pharmaceutiques.

La pêche à la baleine, pratiquée de juillet à octobre, et depuis peu l'agriculture, sont les seuls moyens d'existence de la colonie.

Les exportations consistent en huile de baleine, laine, chevaux, oignons, pommes de terre, bananes, oranges, etc. On importe, sans prélèvement d'aucun droit de douane, des vêtemens, des épiceries, des armements pour la pêche à la baleine.

Le commerce général, importations et exportations, atteint un minimum 150 000 francs.

Les communications avec le monde extérieur sont assurées par un vapeur qui fait trimestriellement la navette entre Sydney et Norfolk. Ce steamer appartient à l'A. U. S. N., et fait escale à Sydney, Lord-Howe-Island, Norfolk-Island, Nouméa et Fidji. De plus, un petit schooner fait le commerce dans les îles.

Les habitants, dont le nombre total atteint 832, sont disséminés sur toute la surface de Norfolk Island dans de petites maisons de bois. Ils ne possèdent qu'une ville, Kingston, située au sud de l'île.

Chaque couple qui se marie reçoit en don 25 acres de terre; sur les 4000 acres déjà aliénés, 600 seulement sont cultivés; le reste, converti en pâturages, nourrit les moutons, bestiaux et chevaux qui paissent en liberté.

Le climat est des plus salubres; il y a peu de maladies; on n'y connaît aucune fièvre des îles. La mortalité est de 9 sur 1000.

Il nous faut projeter une ombre sur ce beau tableau. D'après une déclaration récente de lord Chamberlain faite à la Chambre des Communes, tout ne serait pas pour le mieux dans le meilleur des mondes, au point de vue gouvernemental et administratif. Des réformes s'imposent à bref délai. F. Van Ortroy.

TABLE DES MATIÈRES

DU

NEUVIÈME VOLUME (DEUXIÈME SÉRIE)

TOME XXXIX DE LA COLLECTION.

LIVRAISON DE JANVIER 1896.

ESSAI DE GÉOMORPHOGÉNIE DESCRIPTIVE, par **M. A. de Lapparent** 5

LES POPULATIONS DU SUD DE LA CHINE, par **Mgr C. de Harlez** 42

MORSURES ET PIQÛRES VENIMEUSES, par **M. Maurice Lefebvre** 94

LE FROID, SON INFLUENCE SUR LES PHÉNOMÈNES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES, par le **R. P. J. Van Geersdaele, S. J.** 150

QUELQUES EXPLOITS D'UNE PARTICULE D'AIR, par **M. G. Van der Mensbrugghe** 211

BIBLIOGRAPHIE. — I. Stéréochimie, par Éd. Gabriel Monod. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 231

II. Les Nouvelles théories chimiques, par A. ÉTARD. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 239

III. La Théorie atomique et la théorie dualistique, par E. Lenoble. **R. P. Fern. Goossens, S. J.** 241

IV. L'École pratique de physique, deuxième édition, par Aimé Witz. **A. G.** 243

V. Choix de fossiles caractéristiques des dépôts sédimentaires, par Julien Fraipont. **R. P. G. Schmitz, S. J.** 245

VI. Essai de paléogéographie. Restauration des contours des mers anciennes en France et dans les pays voisins, par F. Canu. **G. S., S. J.** 248

VII. Flora of the Outlying Carboniferous Basins of Southwestern Missouri, by David White *(Bulletin of the U. S. Geological Survey)*. **R. P. G. Schmitz, S. J.** 251

VIII. Ethnology. In two Parts : 1. Fondamental Ethnical Problems ; 2. The Primary Ethnical Groups ; by A. H. Keane. **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 252

IX. Science catholique et savants catholiques ; — Bible, science et foi, par le R. P. Zahm, C. S. C.; traduits de l'anglais par l'abbé J. Flageolet. **M. C. de Kirwan** 258

X. Étude sur l'espace et le temps, par Georges Lechalas. **M. P. Mansion** 266

XI. Une cachette de fondeur à Vénat, par G. Chauvet. **M. le Mis de Nadaillac**. 274

XII. La Théorie des procédés photographiques, par de la Baume Pluvinel. **V. B.** 276

XIII. Applications scientifiques de la photographie, par G. H. Niewenglowski. **V. B.** 279

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE, par **M. A. de Lapparent** 282

BOTANIQUE, par **M. Alph. Meunier** 289

CHRONIQUE AGRICOLE, par **V. D. B.** 301

SCIENCES SOCIALES, par **M. Alb. Joly** 313

SCIENCES INDUSTRIELLES, par **M. J.-B. André** . . . 322

GÉOGRAPHIE, par **M. Jos. de la Vallée Poussin**, (Les Dernières expéditions arctiques), et M. le Capitaine **Van Ortroy** 330 334

COMPTE RENDU DU IIIe CONGRÈS SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL DES CATHOLIQUES *(fin)*. SCIENCES PHILOSOPHIQUES, par **M. J. Homans**. 345

LIVRAISON D'AVRIL 1896.

—

L'ANNÉE SCIENTIFIQUE ET RELIGIEUSE, par le **R. P. Victor Van Tricht, S. J.** 353
L'ÉLECTRICITÉ ET LA VIE, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** 391
LES FONDATEURS DE LA MINÉRALOGIE, par **M. l'abbé A. F. Renard** 425
FRESNEL, FARADAY, LES ÉLECTRICIENS ET LES FORCES A DISTANCE, par **M. C. de Kirwan**. 450
L'AGE DE LA HOUILLE, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.** . 463
LES RAYONS X, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J.** 487
L'EXPÉDITION BELGE PROJETÉE AUX RÉGIONS ANTARCTIQUES, par **M. J. de la Vallée Poussin** 560
HUXLEY ET M. DE VARIGNY, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** 572
BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de chemins de fer professé à l'École nationale des Ponts et Chaussées, par C. Bricka, tome II *(Encyclopédie Lechalas)*. **M. M. d'Ocagne** 575
II. Histoire de la philosophie atomistique, par Léopold Mabilleau. **M. Georges Lechalas.** 582
III. Die Reste der Germanen aus Schwarzen Meere, von Dr Richard Loewe. **R. P. J. Van den Gheyn, S. J.** 598
IV. Le Congo, par M. Hubert Droogmans. **M. F. Van Ortroy**. 606
V. La Défense des États et la fortification à la fin du XIXe siècle, par le Général Brialmont. **M. F. Van Ortroy** 610
VI. Théorie et pratique des assurances sur la vie, par H. Laurent *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **M. É. Fagnart**. 623
VII. Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896. **Jean d'Estienne** 632
VIII. Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour l'année 1896. **Jean d'Estienne** . 643
IX. Sur l'origine du monde, Théories cosmogoniques des anciens et des modernes, par H. Faye. **Jean d'Estienne** 648

X. Analyse des alcools et des eaux-de-vie, par H. Rocques *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **J.-B. A.** 650

XI. Le Pain : technologie, pains divers, altérations, par V. Galippe et G. Barré *(Encyclopédie scient. des Aide-Mémoire)*. **J.-B. A.** 653

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

GÉOLOGIE, par **M. A. de Lapparent** 655

CHIMIE, par le **R. P. J. Van Geersdaele, S. J.** . . 662

PHYSIOLOGIE, par le **R. P. Guill. Hahn, S. J.** 677

GÉOGRAPHIE, par **M. F. Van Ortroy** 684

Louvain. — Imp. POLLENTIER & CRUTERICK, 30, rue des Orphelins, 30

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

DEUXIÈME SÉRIE

TOME II. — JUILLET 1892

(SEIZIÈME ANNÉE ; TOME XXXII DE LA COLLECTION)

BRUXELLES

SOCIÉTÉ BELGE DE LIBRAIRIE

SOCIÉTÉ ANONYME (Ancienne Maison Goemaere)

16, RUE TREURENBERG, 16

1892

L'ORIGINE DE LA HOUILLE

De toutes les sciences qui ont la nature pour objet, aucune n'a fait, dans ces dernières années, de progrès comparables à ceux de la géologie. Par une heureuse rencontre, en même temps que l'ouverture de grandes voies de communication permettait d'étendre au globe presque tout entier des observations trop longtemps limitées à une petite partie de l'Europe et de l'Amérique, la découverte de nouveaux procédés d'investigation, microscope polarisant, réactions microchimiques, méthodes de sondages et de dragages sous-marins, rendait abordables des problèmes jusqu'alors réputés insolubles. Il est résulté de là une telle moisson de faits précis, que la face de plusieurs questions capitales s'est trouvée entièrement renouvelée. La science géologique ne s'est pas seulement enrichie d'une façon extraordinaire ; son édifice théorique a dû se prêter à d'importants remaniements. Il a fallu abandonner des opinions longtemps acceptées, élargir des vues trop étroites, briser certains cadres notoirement insuffisants. L'ère de ces sacrifices dure encore, et il en est qui ne sont pas consentis sans résistance. De ce nombre est la transformation devenue nécessaire dans la manière de concevoir l'origine du charbon de terre. On

croyait la question résolue sans appel. Deux ingénieurs français sont venus, MM. Grand'Eury et Fayol, qui n'ont pas craint de secouer le joug de l'ancienne doctrine. Une nouvelle théorie s'est élevée, fondée à la fois sur l'expérimentation directe, sur l'examen microscopique de la houille, et sur l'observation de celui de tous les gisements qui se prête le mieux à une étude continue. Après quelques débats, l'opinion des géologues, en France, a fini par être presque unanimement ralliée, et la réunion de la Société géologique de France à Commentry, au cours de l'année 1888, a sanctionné publiquement l'accord intervenu. Mais l'étranger résiste encore. A peine si l'on mentionne la nouvelle doctrine, et plus d'un ouvrage didactique capital, assez récent pour ne l'avoir pas ignorée, affecte de conserver inébranlable sa foi dans l'ancienne théorie. Tout au plus accordera-t-on que celle qui prétend la supplanter a sa raison d'être dans certains cas exceptionnels; mais on lui refuse toute application à la majorité des gisements, notamment à ceux qui composent la grande bande houillère à laquelle appartiennent les bassins de l'Angleterre, de la Flandre, de la Belgique, de la Westphalie, de la Silésie et du sud de la Russie.

Pour nous qui, dès 1885, dans la seconde édition de notre *Traité de Géologie*, avions délibérément adopté l'ensemble des vues de M. Fayol, et qui n'avons pas enregistré sans plaisir les nombreuses et importantes adhésions que ces vues ont reçues depuis lors dans notre pays, le moment nous paraît venu de tenter un nouvel effort. Profitant de l'occasion qui nous est offerte par la Société scientifique de Bruxelles (1), nous entreprendrons d'abord de montrer comment on peut aujourd'hui concevoir, dans tous ses détails, le mode de formation de la

(1) Ce travail est le développement d'une conférence faite à Bruxelles, devant la Société scientifique, le mardi 25 avril 1892.

houille; ensuite nous chercherons à prouver que, loin d'être rebelles à cette théorie, les bassins du nord, en particulier ceux de la Belgique, la réclament encore plus impérieusement, peut-être, que les gisements lacustres par l'étude desquels elle a été primitivement établie.

Tout le monde sait que la houille est un minéral combustible, qui forme de véritables couches, la plupart du temps très régulières, se poursuivant, sur de grandes surfaces, avec la même épaisseur, ordinairement comprise entre quelques centimètres et un mètre ou $1^{m}20$. Dans les grands gisements du nord, les couches de houille sont intercalées, en parfaite concordance, au milieu d'un ensemble d'assises de grès fins et surtout de schistes, où personne n'a jamais hésité à voir des sédiments déposés au sein d'une eau tranquille.

Rien que cette concordance semblerait devoir faire naître *à priori* l'idée que la houille est un *sédiment,* au même titre que les terrains qui la contiennent. Il est vrai que sa nature végétale ne peut être mise en doute, non seulement parce que la houille est combustible, mais parce que les schistes qui l'accompagnent fourmillent d'empreintes de fougères et autres plantes parfaitement conservées. Dès 1718, cette vérité a été proclamée par Antoine de Jussieu; et depuis lors elle n'a plus trouvé de contradicteurs sérieux (1). Mais cette origine végétale n'a rien d'inconciliable avec l'idée d'un transport suivi de dépôt. A ce titre, le charbon de terre serait une *alluvion végétale,* tout comme les schistes et les grès encaissants sont des *alluvions minérales;* la transition de l'un à l'autre de ces types se ferait par les *schistes bitumineux,* si abondants au sein du terrain houiller, et dans lesquels se trouverait réalisé le mélange confus des deux genres d'alluvions.

(1) Voir l'exposé des idées des anciens observateurs dans l'article que M. le Mie de Saporta a consacré à la formation de la houille (*Revue des Deux-Mondes,* 54e volume, 1882, p. 656).

Cette idée simple a été effectivement celle des premiers observateurs; Antoine de Jussieu et Buffon l'ont professée; et il est curieux qu'après l'avoir abandonnée, la science y revienne aujourd'hui, par un de ces longs circuits comme en enregistre si souvent l'histoire du développement de nos connaissances. Mais pourquoi l'idée n'a-t-elle pas définitivement triomphé dès le début? C'est d'abord parce que l'équivalent actuel du mode de formation par flottage ne pouvait guère être cherché que dans les trains de bois que charrient, dans leurs crues, les grands fleuves des pays vierges. Or l'absence, dans la houille, de toute espèce de troncs reconnaissables, et la grande régularité des couches, jointe à leur épaisseur parfois si faible, semblaient exclure toute analogie avec un mode de dépôt qui comporte nécessairement l'irrégularité et la confusion. C'est aussi, sans doute, parce que l'Angleterre, à qui revenait de droit, en raison de l'importance de ses gisements houillers, le privilège de recueillir, avant toute autre nation, les éléments d'une théorie sur l'origine de la houille, subissait dans la personne du chef incontesté de son école géologique, l'illustre sir Charles Lyell, ce que nous appellerons la *fascination des causes actuelles*. Accoutumés au spectacle des immenses tourbières de l'Irlande et de l'Écosse, les savants britanniques devaient céder d'autant plus facilement à la tentation d'en retrouver l'équivalent dans les gisements de combustible minéral, que pour expliquer l'accumulation des couches successives ainsi que les transformations survenues dans la nature du produit, le *temps*, cette panacée universelle de l'école, intervenait nécessairement comme un facteur de première importance.

Ainsi a pris naissance l'ancienne théorie, celle qui jusqu'à ces dernières années a régné sans partage dans la science; celle qu'enseignent encore, à bien peu d'exceptions près, les manuels didactiques qui font autorité en Angleterre, en Allemagne et en Amérique.

On sait que la tourbe est engendrée par une végétation aquatique d'un caractère spécial, qui s'installe sur les terrains plats arrosés par une eau limpide et sans vitesse, quand l'atmosphère est humide et que la température moyenne annuelle ne s'élève pas au-dessus de 8 degrés centigrades. Dans ces conditions, les végétaux, surtout les mousses, se développent avec une grande vigueur. A mesure que leur tête croît, le pied meurt; mais l'eau qui le baigne empêche les éléments de se disperser dans l'air; la matière végétale, perdant une partie de son hydrogène et de son oxygène, s'enrichit en carbone et devient de la tourbe, fibreuse en haut, déjà compacte dans les parties inférieures. Plusieurs mètres de tourbe peuvent ainsi s'accumuler sur un même point, et la formation ne s'arrête que quand, à force de s'élever, la végétation dépasse sensiblement le niveau que l'eau peut conserver. De cette manière se constitue une couche parfaitement régulière de combustible minéral, n'ayant d'autres limites que celles du marécage qu'elle a servi à combler.

Il est vrai qu'une fois ce comblement opéré, la tourbe cesse de pouvoir s'accroître; mais alors intervient une autre notion, celle des lentes oscillations de l'écorce solide. Jusqu'à ces derniers temps, on admettait comme chose démontrée que certains rivages s'affaissaient d'une manière continue, tandis que d'autres étaient soumis à un processus d'émersion. La mobilité de l'écorce étant ainsi passée en règle, il était naturel d'imaginer qu'un ancien marécage, comblé par de la tourbe, vînt à s'enfoncer au-dessous du niveau général des eaux stagnantes, surtout au voisinage de la mer, où il se transformait en une lagune, facilement visitée par les eaux salées; mais les cours d'eau affluents y amenaient des alluvions, sableuses ou argileuses, qui peu à peu remplissaient la dépression, jusqu'à la hauteur où la végétation aquatique pouvait de nouveau s'installer. Alors commençait la formation d'une

nouvelle couche de combustible, et il suffisait que cette succession de phénomènes se produisît quelques centaines de fois, pour rendre compte des apparences que met en lumière la coupe des grands bassins houillers.

D'ailleurs il était difficile qu'une pareille série de mouvements respectât toujours l'horizontalité des assises déjà formées ; l'épaisseur des sédiments intercalés entre deux couches de houille pouvait donc varier suivant les points observés. Même il n'était pas impossible qu'une partie seulement du sol couvert par la végétation vînt à s'affaisser par un mouvement de charnière, le reste demeurant en place et sans brisure; auquel cas, une fois le niveau primitif rétabli par les nouveaux sédiments, la formation d'une nouvelle couche végétale devait reprendre sur toute la surface à la fois. Ainsi croyait-on pouvoir expliquer simplement le cas, assez fréquent dans la pratique, du dédoublement d'une couche de houille, par suite de l'intercalation d'un coin schisteux dont l'épaisseur augmente progressivement à partir de la séparation du charbon de terre en deux veines.

Tout cela, bien entendu, s'était passé avec une grande lenteur, et avait dû exiger des intervalles de temps incalculables. D'abord une couche de tourbe de quelques décimètres, qui elle-même représente plusieurs siècles de végétation, ne donne, une fois comprimée, que l'équivalent d'un petit nombre de centimètres de houille compacte. Par suite, une succession d'une centaine de couches, formant par la réunion de leurs épaisseurs de 40 à 50 mètres de charbon de terre (comme c'est chose fréquente dans les grands bassins du nord), exigerait, rien que pour le développement de la végétation correspondante, des *centaines de mille années*. A cela il faut ajouter le temps nécessaire au dépôt des mille ou deux mille mètres de couches encaissantes, dépôt toujours très lent, à en juger par ce qui se passe de nos jours, soit qu'on envisage l'accumulation des sédiments détritiques sur le fond des

mers ou des lacs, soit qu'on ait en vue la longue durée des mouvements d'affaissement qui ont dû provoquer les reprises du phénomène.

Enfin, dans cette théorie, le temps intervenait encore d'une autre manière, pour justifier la transformation progressive des végétaux en charbon minéral. L'enrichissement en carbone, conséquence du départ de quelques-uns des éléments volatils, ne semblait explicable que par un métamorphisme général, dans lequel la chaleur interne du globe avait dû jouer un rôle, mais qui certainement s'était poursuivi avec une extrême lenteur. N'en trouvait-on pas la preuve immédiate dans les grands dépôts de lignite, que la nature s'est plu à accumuler sur l'Allemagne du nord, à peu de distance de ces immenses tourbières du Hanovre, qui en seraient la descendance directe? Là aussi, de nombreuses couches de tourbe s'étaient constituées vers le milieu de l'époque tertiaire ; mais, enfouies depuis longtemps, elles avaient subi une transformation plus avancée. La tourbe avait fait place au lignite, combustible plus riche et plus compact, sorte d'intermédiaire entre le premier produit et le charbon de terre. On pouvait entrevoir qu'un plus long ensevelissement en eût fait de la houille, en attendant que celle-ci, perdant ses dernières substances volatiles, arrivât au dernier terme de son métamorphisme, c'est-à-dire à l'anthracite.

Ainsi tout s'enchaînait dans cette doctrine, qui se contentait de faire appel aux enseignements du présent, comme aussi aux analogies d'un passé encore assez récent. Toute idée de cataclysmes, de convulsions violentes, de causes exceptionnelles, en était écartée. Par cela seul elle se recommandait suffisamment aux esprits qui avaient résolu de bannir des conceptions géologiques tout ce qui ressemblait aux rêves de l'imagination. Assurément on n'allait pas jusqu'à prétendre que l'identité fût complète entre le phénomène de la tourbe et celui de la houille. Le caractère essentiellement tropical de la végétation houillère

se fût mal accommodé d'une identification avec les circonstances des tourbières, dont le développement est strictement limité aux régions de la zone tempérée froide. Mais, sous une autre forme, par exemple sous celle des cyprières de la Louisiane, le comblement de marécages par la végétation avait pu s'opérer dans les pays chauds et humides. Ce qui dominait tout, c'était l'idée que la végétation avait dû se développer *à la place même* où l'on en observait les restes minéralisés. De fait, on rencontrait à chaque instant, dans le terrain houiller, des troncs d'arbres demeurés debout. Depuis longtemps les dessins de Brongniart avaient rendu célèbres les troncs de *Calamites* conservés, perpendiculairement à la stratification, dans le grès houiller de la carrière du Treuil, à Saint-Étienne. Souvent, au cours de l'exploitation, les mineurs avaient à se garer d'un accident fort dangereux, à savoir la chute d'un cylindre de grès qui, se détachant du toit de la houille, s'abattait d'un seul coup sur la tête des ouvriers. On s'assurait alors que ce cylindre n'était que le remplissage interne d'une tige creuse dont l'écorce, transformée en un tube de charbon, traversait plusieurs couches superposées au lit de houille. Il était donc bien naturel de penser qu'on se trouvait en présence de l'un des anciens arbres de la forêt houillère qui, après l'affaissement de la couche de débris végétaux, avait su conserver sa verticalité pendant le dépôt des grès ou des schistes par lesquels la dépression s'était comblée.

A vrai dire, il restait bien quelque chose de fort étrange dans cette conception, vu la lenteur qui, selon la théorie, avait dû présider au dépôt des sédiments. Comment cette tige, assez peu consistante pour que toute sa partie interne fût facilement enlevée et remplacée par un moule de sable ou de vase, s'était-elle conservée, sans s'altérer ni sans fléchir, pendant le temps nécessaire à la formation des couches encaissantes ? Pourquoi n'y observait-on ni branches ni racines, et comment se trouvait-elle coupée

net par le toit de la couche de houille, sans pénétrer jamais dans cette dernière ? Voilà, certes, des objections qui eussent mérité d'être prises en considération ; mais on n'avait même pas l'idée de s'y arrêter. Les manuels géologiques représentaient complaisamment, à titre de plan d'une forêt houillère, le dessin d'une grande plaque de grès de la Nouvelle-Écosse, lardée de sections de tiges. Enfin, si quelqu'un avait encore émis des doutes, on lui eût victorieusement opposé, comme un argument sans réplique, la présence fréquente, à la base des couches de houille du nord, *et seulement à cette place*, des appareils radiculaires connus sous le nom de *Stigmaria*, considérés alors comme les racines des Sigillaires, c'est-à-dire des grands arbres de l'époque. N'ajoutait-on pas que toujours, au contact de la houille, l'argile sous-jacente *(underclay)* était devenue réfractaire *(fire-clay)*, et que ce changement était dû sans conteste à l'action des radicelles, qui étaient venues chercher dans leur substratum l'élément ferrugineux par lequel l'argile eût été rendue fusible ?

Tels sont les traits généraux de cette théorie, assurément simple et séduisante, qui depuis tant d'années a paru suffire aux besoins de la science, au point que quelques-uns persistent encore à la croire inattaquable. Le crédit dont elle a joui s'explique sans peine ; car elle n'avait pas été conçue de toutes pièces, et, en apparence au moins, elle tenait compte de toutes les particularités révélées par l'expérience, se contentant, pour les expliquer, de faire appel aux plus simples parmi les phénomènes qu'enregistre l'observation contemporaine.

Pourtant la doctrine méritait un double reproche. D'une part elle ne tirait absolument aucun argument de la nature même du charbon minéral, qui semblait demeurer en dehors de tout examen ; comme si l'uniformité habituelle de composition des tissus végétaux eût rendu cette recherche indifférente. D'autre part, les circonstances topographiques de chaque gisement particulier n'étaient

pas prises en suffisante considération. En un mot, la nature n'y était pas serrée d'assez près.

A l'égard du premier de ces reproches, il convient de reconnaître qu'à l'époque où la théorie a été formulée, on était vraiment excusable de n'avoir su tirer aucune lumière de l'examen direct d'une matière aussi rebelle à l'observation.

En effet la houille, surtout celle qui s'est formée dans les grands bassins maritimes, est une substance d'aspect franchement minéral, à cassure tantôt lamellaire, tantôt conchoïdale, et où ni l'œil nu, ni la loupe ne parviennent, en général, à déceler le moindre signe d'organisation. Même sous le microscope, en lames minces, elle ne laisse voir qu'une matière amorphe, où de rares indices de structure celluleuse sont à peine discernables.

Cette absence d'organisation visible contraste d'une manière si frappante avec la parfaite conservation des empreintes de fougères, abondantes au milieu des schistes auxquels la houille est subordonnée, qu'elle a conduit autrefois quelques savants à penser qu'il n'y avait rien de commun entre la formation des couches de combustible et le développement de la végétation terrestre attesté par les empreintes des schistes encaissants. Pour eux, la houille avait dû se former dans la mer, par des accumulations d'organismes marins inférieurs, surtout d'algues (1). Ces algues auraient vécu à la façon des sargasses, qui de nos jours forment, comme on sait, des paquets flottants, réunis en grandes masses dans la partie de l'Atlantique où se fait le remous des courants, et leurs débris, amoncelés sur le fond, auraient engendré le charbon de terre. Mais une telle hypothèse est insoutenable, en raison de l'absence complète de fossiles marins dans les couches de houille ; et d'ailleurs les récentes explorations sous-marines ont prouvé qu'au-dessous de la mer des Sargasses, il ne se faisait aucun amoncellement de végétaux.

(1) Voir la discussion de cette idée dans Neumayr, *Erdgeschichte*, II, p. 171.

Évidemment, toute spéculation sur l'origine de la houille manque de base, si elle n'est pas avant tout fondée sur la structure intime du combustible minéral. C'est donc cette structure qu'il faut déchiffrer à tout prix, en la débarrassant du voile où l'enveloppe la matière amorphe qui l'étreint. Pour cela, il faut faire appel à la chimie. Elle nous apprendra d'abord que la matière en question n'est pas du bitume, car si la distillation du charbon de terre en engendre une quantité parfois considérable, on peut s'assurer que cette quantité ne préexistait pas. Il suffit pour cela de traiter le charbon de terre pulvérisé par les dissolvants habituels des hydrocarbures; on s'assurera sans peine que ces dissolvants sont sans action. Poursuivant cet examen chimique, on sera amené à reconnaître que la substance amorphe est de nature humique ou ulmique, et que si elle est insoluble sous son état actuel, on peut du moins la dissoudre à l'aide d'un mélange de chlorate de potasse et d'acide azotique concentré. L'opération demande à être conduite avec des précautions particulières, à cause de la production possible de corps explosibles; mais entre des mains expérimentées, elle aboutit sans danger au départ des parties amorphes, qui s'en vont sous forme de liqueur brune; et en traitant le résidu par l'alcool ou l'ammoniaque, on rend visibles, sous le microscope, une foule de débris végétaux dont chacun laisse parfaitement reconnaître la structure des tissus d'où il dérive. Mais la proportion relativement restreinte de ces éléments, leur état déchiqueté, et leur dissémination au milieu d'une sorte de gangue amorphe, indiquent qu'avant leur enfouissement dans les sables et les grès, ces débris ont été soumis à de fréquents et énergiques frottements (1). D'ailleurs, tous appartiennent à des plantes terrestres, fougères, calamites, calamodendrées, sigillaires, cordaïtes, etc. Ce

(1) B. Renault, *Flore fossile de Commentry.*

sont donc des détritus végétaux qui, incontestablement, ont subi un transport, après la chute et la division en fragments des plantes qui leur avaient donné naissance.

Si, dans la plupart des gisements, cette importante constatation exige l'emploi successif des réactifs chimiques et du microscope, il est des cas où cette double manipulation peut être évitée. Dans les bassins houillers du centre de la France, où la houille est beaucoup moins compacte et moins homogène que dans le nord, on y remarque souvent, sur les cassures transversales à la stratification, des zones lenticulaires brillantes, d'un noir de jais, plus pures que le reste de la houille à teinte mate qui les entoure. Dès 1883, M. Fayol (1), que cette apparence avait frappé, et qui s'était appliqué à réunir, sur les ateliers de triage, le plus possible d'échantillons de ce genre, établissait qu'il s'agissait clairement de tiges aplaties. Les unes montraient une suite de fines cloisons, appartenant à la partie médullaire centrale d'une calamodendrée. Sur les autres, une foule de cellules révélaient la moelle d'un tronc de fougère arborescente. Ainsi se confirmait l'assertion émise en 1876 par M. Grand'Eury (2), que la houille du bassin de la Loire était formée de résidus végétaux *posés à plat*, et se recouvrant mutuellement, comme s'ils s'étaient amassés sur un plan horizontal, dans une situation assez uniforme pour trahir l'action d'un liquide en repos. M. Grand'Eury reconnaissait en même temps que les résidus étaient des fragments de troncs, d'écorces, de tiges et de rameaux, des lambeaux de feuilles, etc., et qu'une même couche pouvait, à ce point de vue, tantôt se montrer très homogène, tantôt offrir une variété considérable. Plusieurs des couches de Saint-Étienne sont ainsi exclusivement constituées par des écorces de cordaïtes, lesquelles, transformées en houille,

(1) *Bull. Soc. de l'industrie minérale. District du centre*, 15 juillet 1883.
(2) *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences*, XXIV.

n'en gardent pas moins des épaisseurs capables d'atteindre 7 centimètres. A Decazeville, la grande couche est formée d'écorces de calamodendrées.

Ce qui est intéressant, c'est cette constatation, que M. Grand'Eury a été le premier à faire : à savoir que les écorces, feuilles et organes de toute nature, encore revêtus de leur forme, jouaient dans la houille le même rôle que les empreintes végétales au sein des schistes houillers. La matière ulmique, résultat d'une macération de détritus végétaux, forme en quelque sorte le *sédiment* au milieu duquel les restes reconnaissables ont été enfouis. Et la transition s'accomplit par ce que M. Grand'Eury a appelé le *fusain*, c'est-à-dire le charbon mat, tachant les doigts, et qui représente des portions de tiges, dont la structure anatomique a disparu, tandis que l'ordonnance relative des diverses régions caulinaires était conservée.

Quant au mode d'accumulation de ces détritus, il est facile à reconstituer. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici ce que disait M. de Saporta (1), en introduisant ses lecteurs « à l'ombre des forêts carbonifères, au pied des ondulations faiblement accusées où s'amoncelaient dans des mares dormantes ces immensités de résidus de toute provenance qu'engendrait une végétation toujours active, à la fois exubérante et promptement épuisée. Si de pareils amas s'observent de nos jours dans les pays chauds, au sein des forêts vierges, que devait-il en être dans ces époques premières où rien dans la structure des plantes n'était fait pour consolider les tiges par l'accroissement régulier du bois ! C'était de toutes parts des jets effrayants, des productions improvisées, des poussées subites élevant des colonnes vertes dont le rôle était aussi éphémère que la fermeté peu assurée. La plupart des tiges carbonifères, creuses ou gonflées de moelle à l'intérieur, succombaient par l'exagération même de leur croissance ;

(1) Article déjà cité de M. de Saporta, *Revue des Deux Mondes*, 1882, p. 684.

les fougères se couronnaient de frondes invraisemblables par leur dimension ; les tiges des sigillaires se dépouillaient rapidement de leurs feuilles, et tous ces débris s'accumulaient sans trêve dans une ombre étouffée, sur un sol détrempé. On conçoit l'énormité des produits ulmiques, la décomposition faisant de nouveaux progrès à la moindre averse, de manière à réduire en une pâte noirâtre la couche de résidus la plus inférieure... Rarement les tiges tombées demeuraient entières ; elles se gonflaient, s'ouvraient ; les parties molles et lacunaires se désagrégaient les premières, les parties denses et fibreuses se détachaient de la masse corticale; celle-ci, plus tenace, souvent lisse et ferme extérieurement, se déroulait et résistait plus que tout le reste. Des troncs de fougères il ne restait que l'étui périphérique ou les fibres intérieures désagrégées; des cordaïtes, des sigillaires, des lépidodendrées, rien que la région corticale. Les feuilles détachées formaient d'autres entassements, et tous ces monceaux obstruant certaines places au bas des déclivités, au débouché des vallées intérieures, attendaient l'arrivée et le passage des eaux pour abandonner à leur action d'innombrables matériaux parvenus à des degrés très inégaux de décomposition. »

Voilà donc bien expliquée la formation de ce que M. de Saporta a justement appelé « la purée végétale », qui a fourni la gangue amorphe au milieu de laquelle flottent les écorces et les feuilles. Mais cette purée n'est plus en place; elle porte, M. Grand'Eury l'a démontré, les indices manifestes d'une mise en suspension dans l'eau. Les débris qu'on y reconnaît proviennent du déchirement d'organes végétaux, et l'état de ces fragments atteste qu'avant leur enfouissement, ils ont été soumis à de fréquents et énergiques frottements (1). Par quel mécanisme s'est opéré ce transport? C'est ici qu'il devient nécessaire de nous séparer de M. Grand'Eury.

(1) Renault, *Flore fossile de Commentry.*

En effet, ce savant admet qu'à l'époque des grandes pluies, les eaux, ruisselant de toutes les pentes, finissaient par entraîner, jusqu'à une dépression lagunaire, les digues de détritus organiques qu'elles rencontraient sur leur passage, et avec lesquelles elles charriaient des tiges, des feuilles, de jeunes pousses, parfois des végétaux entiers. Mais, selon M. Grand'Eury, ces eaux étaient parfaitement limpides et pures de tout limon (1). Assez universelles pour balayer tous les points d'une région boisée, elles ruisselaient sur des pentes « assez égales pour ne pas donner lieu à des ravinements ». « La contrée, ajoute M. de Saporta, devait disparaître sous un lacis de plantes et de débris accumulés, assez épais pour livrer à leur action de nombreux matériaux de transport, sans aller jamais jusqu'à l'érosion du sol sous-jacent. »

D'autres fois, au contraire, les ruissellements se faisaient par des eaux bourbeuses, chargées de limon ou de sable, et tendant à combler les lagunes par des schistes et des grès. Ainsi se seraient produites les intercalations de couches de houille au milieu de sédiments d'une autre nature.

Nous l'avouons sans détour : cette conception nous paraît injustifiable pour quiconque connaît la manière d'être des eaux courantes. Qu'un grand fleuve, comme ceux de l'Afrique équatoriale, puisse parfois gonfler ses eaux en arrière d'un barrage formé par un amoncellement de végétaux flottés, jusqu'à ce que sa pression soit assez forte pour emporter l'obstacle et en disséminer les matériaux en aval, la chose est incontestable ; mais d'abord ce n'est pas au profit d'une lagune que s'accomplit un pareil transport; et puis, quand il a eu lieu, il n'est aucunement suivi par un dépôt d'alluvions dues à une recrudescence de l'érosion.

Quand le terrain est disposé de manière à permettre, à

(1) Grand'Eury, *Annales des mines*, 1882; Mis de Saporta, *loc. cit.*

pas prises en suffisante considération. En un mot, la nature n'y était pas serrée d'assez près.

A l'égard du premier de ces reproches, il convient de reconnaître qu'à l'époque où la théorie a été formulée, on était vraiment excusable de n'avoir su tirer aucune lumière de l'examen direct d'une matière aussi rebelle à l'observation.

En effet la houille, surtout celle qui s'est formée dans les grands bassins maritimes, est une substance d'aspect franchement minéral, à cassure tantôt lamellaire, tantôt conchoïdale, et où ni l'œil nu, ni la loupe ne parviennent, en général, à déceler le moindre signe d'organisation. Même sous le microscope, en lames minces, elle ne laisse voir qu'une matière amorphe, où de rares indices de structure celluleuse sont à peine discernables.

Cette absence d'organisation visible contraste d'une manière si frappante avec la parfaite conservation des empreintes de fougères, abondantes au milieu des schistes auxquels la houille est subordonnée, qu'elle a conduit autrefois quelques savants à penser qu'il n'y avait rien de commun entre la formation des couches de combustible et le développement de la végétation terrestre attesté par les empreintes des schistes encaissants. Pour eux, la houille avait dû se former dans la mer, par des accumulations d'organismes marins inférieurs, surtout d'algues (1). Ces algues auraient vécu à la façon des sargasses, qui de nos jours forment, comme on sait, des paquets flottants, réunis en grandes masses dans la partie de l'Atlantique où se fait le remous des courants, et leurs débris, amoncelés sur le fond, auraient engendré le charbon de terre. Mais une telle hypothèse est insoutenable, en raison de l'absence complète de fossiles marins dans les couches de houille ; et d'ailleurs les récentes explorations sous-marines ont prouvé qu'au-dessous de la mer des Sargasses, il ne se faisait aucun amoncellement de végétaux.

(1) Voir la discussion de cette idée dans Neumayr, *Erdgeschichte*, II, p. 171.

Évidemment, toute spéculation sur l'origine de la houille manque de base, si elle n'est pas avant tout fondée sur la structure intime du combustible minéral. C'est donc cette structure qu'il faut déchiffrer à tout prix, en la débarrassant du voile où l'enveloppe la matière amorphe qui l'étreint. Pour cela, il faut faire appel à la chimie. Elle nous apprendra d'abord que la matière en question n'est pas du bitume, car si la distillation du charbon de terre en engendre une quantité parfois considérable, on peut s'assurer que cette quantité ne préexistait pas. Il suffit pour cela de traiter le charbon de terre pulvérisé par les dissolvants habituels des hydrocarbures; on s'assurera sans peine que ces dissolvants sont sans action. Poursuivant cet examen chimique, on sera amené à reconnaître que la substance amorphe est de nature humique ou ulmique, et que si elle est insoluble sous son état actuel, on peut du moins la dissoudre à l'aide d'un mélange de chlorate de potasse et d'acide azotique concentré. L'opération demande à être conduite avec des précautions particulières, à cause de la production possible de corps explosibles; mais entre des mains expérimentées, elle aboutit sans danger au départ des parties amorphes, qui s'en vont sous forme de liqueur brune; et en traitant le résidu par l'alcool ou l'ammoniaque, on rend visibles, sous le microscope, une foule de débris végétaux dont chacun laisse parfaitement reconnaître la structure des tissus d'où il dérive. Mais la proportion relativement restreinte de ces éléments, leur état déchiqueté, et leur dissémination au milieu d'une sorte de gangue amorphe, indiquent qu'avant leur enfouissement dans les sables et les grès, ces débris ont été soumis à de fréquents et énergiques frottements (1). D'ailleurs, tous appartiennent à des plantes terrestres, fougères, calamites, calamodendrées, sigillaires, cordaïtes, etc. Ce

(1) B. Renault, *Flore fossile de Commentry.*

valeur, conserver quelques doutes sur l'opportunité de son application. Mais M. Fayol avait suivi, dans l'élaboration de cette doctrine, une tout autre méthode. C'est en ingénieur qu'il avait procédé, sans parti-pris d'aucune sorte. C'est l'observation patiente et réfléchie qui l'avait conduit pas à pas à un corps de doctrines, à mesure que se complétait entre ses mains l'inventaire systématique du bassin de Commentry.

A la différence de l'immense majorité des gisements houillers, qui ne peuvent être exploités que par travaux souterrains, et où l'observation, toujours difficile et discontinue, demande constamment à être complétée par des hypothèses sur l'allure des parties invisibles, le gîte de Commentry s'exploite à ciel ouvert, par d'immenses tranchées de 150 à 200 mètres de profondeur, dont le développement total atteint plusieurs kilomètres. C'est un tableau toujours lumineux, où les relations mutuelles des divers éléments du terrain viennent se peindre sans voiles, et où les progrès de l'extraction permettent de suivre d'une façon continue les transformations que subissent toutes les couches. Pendant nombre d'années, M. Fayol a relevé ce tableau toujours changeant, tenant note de ses variations, recueillant et classant, sans relâche, des échantillons dont chacun pût apprécier à son gré la signification. C'est ainsi que, sur les parois des tranchées, il a vu se dessiner la stratification des deltas torrentiels, aussi clairement qu'elle ressort, à Genève, dans les excavations qui entament l'ancien delta de l'Arve, et qu'ont si bien étudiées MM. Desor et Colladon. Maintes fois il a constaté le passage des grès aux schistes, et de ceux-ci à la houille, ainsi que les changements latéraux produits par les divagations des cours d'eau affluents. Collectionnant avec soin les cailloux roulés des conglomérats, pour les comparer avec les roches de la surface, il est parvenu à définir l'origine locale de chaque apport torrentiel, ainsi que les empiètements momentanés d'un cône de déjection sur un

n'en gardent pas moins des épaisseurs capables d'atteindre 7 centimètres. A Decazeville, la grande couche est formée d'écorces de calamodendrées.

Ce qui est intéressant, c'est cette constatation, que M. Grand'Eury a été le premier à faire : à savoir que les écorces, feuilles et organes de toute nature, encore revêtus de leur forme, jouaient dans la houille le même rôle que les empreintes végétales au sein des schistes houillers. La matière ulmique, résultat d'une macération de détritus végétaux, forme en quelque sorte le *sédiment* au milieu duquel les restes reconnaissables ont été enfouis. Et la transition s'accomplit par ce que M. Grand'Eury a appelé le *fusain,* c'est-à-dire le charbon mat, tachant les doigts, et qui représente des portions de tiges, dont la structure anatomique a disparu, tandis que l'ordonnance relative des diverses régions caulinaires était conservée.

Quant au mode d'accumulation de ces détritus, il est facile à reconstituer. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici ce que disait M. de Saporta (1), en introduisant ses lecteurs « à l'ombre des forêts carbonifères, au pied des ondulations faiblement accusées où s'amoncelaient dans des mares dormantes ces immensités de résidus de toute provenance qu'engendrait une végétation toujours active, à la fois exubérante et promptement épuisée. Si de pareils amas s'observent de nos jours dans les pays chauds, au sein des forêts vierges, que devait-il en être dans ces époques premières où rien dans la structure des plantes n'était fait pour consolider les tiges par l'accroissement régulier du bois ! C'était de toutes parts des jets effrayants, des productions improvisées, des poussées subites élevant des colonnes vertes dont le rôle était aussi éphémère que la fermeté peu assurée. La plupart des tiges carbonifères, creuses ou gonflées de moelle à l'intérieur, succombaient par l'exagération même de leur croissance ;

(1) Article déjà cité de M. de Saporta, *Revue des Deux Mondes*, 1882, p. 684.

La cause était donc gagnée, et il ne restait plus qu'à répondre à certaines objections que ne manqueraient pas de formuler les partisans de l'ancienne doctrine. La plus importante était celle des troncs d'arbres réputés en place. Justement, aucun gisement, mieux que celui de Commentry, ne se prêtait à cet examen; car il s'y trouve une assise à laquelle l'extraordinaire abondance des tiges de calamodendrées a fait donner, par les ouvriers, le nom de *banc à roseaux*. Il n'a pas été difficile à M. Fayol de montrer, d'abord qu'aucun de ces troncs ne tenait par des racines à une apparence quelconque de sol; ensuite que tous étaient des tronçons de tiges, les unes debout, les autres couchées ou inclinées; enfin que la proportion des tiges verticales aux autres était à peine de 1 à 100. Même, parmi les spécimens observés, il s'en est rencontré un qui avait sa souche en l'air! Une fois de plus, M. Fayol a eu recours à l'expérimentation. Après avoir rappelé que les sapins flottés sur le Mississipi restent très souvent debout, il a fait voir que, dans un courant rapide, nombre de végétaux, fût-ce même des frondes de fougères, gardent la station verticale, pour ne commencer à se coucher que quand leur pied a touché le fond. Observant de plus que les portions de tiges abondent dans les bassins du Plateau Central, au milieu des conglomérats à gros galets, où personne n'imaginera d'aller chercher un ancien sol, le sagace observateur en a conclu que tous ces troncs, charriés par les eaux torrentielles avec une masse de sables et de graviers, étaient venus échouer dans toutes les positions possibles au sein des couches d'alluvions du delta; alors celles-ci, assez consistantes pour respecter, quelle qu'elle fût, la position acquise par les tiges, avaient eu beau jeu pour pénétrer dans l'intérieur de ces dernières, à la place de la partie médullaire déjà décomposée, et à en prendre le moule.

La houille ne résulte donc pas de l'accumulation sur place des restes d'une végétation de lagunes ou de lacs,

périodiquement enfouie et renouvelée. Les fragments de bois et d'écorces qu'elle contient sont toujours très petits, tandis que, s'il y avait eu des forêts aux points où l'on rencontre le charbon de terre, on retrouverait infailliblement des troncs entiers, ainsi que des branches avec leurs ramifications. Même un transport à courte distance, jusqu'à une dépression lagunaire, n'eût certainement pas fait disparaître cette sorte d'éléments.

Cela ne veut pas dire qu'il ne puisse pas se rencontrer exceptionnellement, dans les gisements houillers, de tiges réellement en place. M. Grand'Eury en a observé et dessiné qui, enracinées dans la vase, paraissaient avoir émis en outre, à diverses hauteurs, des racines adventives, sans doute à mesure que l'envasement faisait des progrès. Un tel fait n'est en aucune manière incompatible avec la notion des deltas. Ce genre de formation comporte, en sus des alluvions immergées, des atterrissements superficiels plus ou moins stables, où la végétation peut très bien s'installer pour disparaître plus tard, soit que son support vaseux se tasse, soit qu'une crue du fleuve la recouvre par de nouveaux dépôts. C'est, en particulier, ce qui se passe fréquemment à l'embouchure du Mississipi ; mais ces exemples seront toujours rares relativement aux tiges charriées, et ce qui le prouve bien, c'est que les tiges moulées en grès, avec écorce charbonneuse, très peu abondantes là où les couches de houille sont régulières et étendues sur de grandes surfaces, deviennent extrêmement nombreuses, comme nous le rappelions il y a un instant, parmi les conglomérats à galets roulés des bassins houillers du Plateau Central, par exemple dans celui de Champagnac.

De plus, c'est un fait curieux et significatif, que là où il existe des troncs enracinés, ils ne pénètrent *jamais* dans les couches de houille, qu'ils n'ont en rien concouru à former.

Reste la question des *Stigmaria*, ces souches si fréquentes

à la base de certains lits de houille ; mais l'argument qu'on en pouvait tirer a perdu la plus grande partie de sa valeur, depuis que les botanistes ont reconnu dans ces organes des rhizomes rampants, capables, dans certains cas, de donner naissance à des tiges aériennes de sigillariées, mais qui se contentaient le plus souvent de vivre tels quels sur les marécages houillers. Dès lors, quand, saisis par les courants torrentiels, ils étaient entraînés dans les deltas, il était naturel qu'étant plus lourds et mieux équilibrés par leur forme que les autres débris végétaux, ils dussent gagner de suite le fond de la couche destinée à devenir de la houille.

Ceux qui auront bien voulu, à notre exemple, se rendre à la force de tant de bonnes raisons, apercevront de suite quelles importantes conséquences découlent de la nouvelle manière de voir. En premier lieu, les mouvements du sol, si nombreux et parfois si compliqués, qu'il fallait mettre en jeu pour expliquer la superposition d'un grand nombre de couches de houille, cessent absolument d'être nécessaires. Les couches se sont appliquées les unes sur les autres, comme font les sédiments dans un cône de déjection immergé, et si la complète stabilité du sol n'est pas une des conditions du phénomène, du moins il n'y a pas, *à priori*, de raison pour la mettre en suspicion.

En outre, les couches de houille ont dû se déposer, dès l'origine, avec une certaine inclinaison ; car c'est le propre des deltas de former des strates inclinées, en pente d'autant plus forte que les matériaux sont plus gros et que l'eau du bassin de dépôt est plus tranquille. Aussi, dans les bassins lacustres, convient-il d'être prudent, et de se garder de faire intervenir des dislocations uniquement pour expliquer certaines allures stratigraphiques, qui peuvent fort bien être primordiales.

De plus, que deviennent les milliers de siècles autrefois réclamés pour la formation des bassins houillers ? Que

penser de ces calculs des anciens auteurs, cherchant à évaluer le nombre de centimètres de charbon de terre que pourrait donner toute la substance d'une forêt vierge, afin d'en déduire combien de végétations successives, et par suite combien de milliers d'années, avaient dû être employés à la formation d'une seule couche de houille? Tout cela s'évanouit comme une bulle de savon qui crève. Non seulement une couche tout entière, quelle qu'en soit l'épaisseur, devient à nos yeux le produit d'une seule crue, mais à cette même crue appartient une portion au moins des argiles et des grès sous-jacents. Et si, prenant le calcul d'autre façon, c'est-à-dire restituant aux régions voisines la parure végétale dont un lit de houille implique la destruction, on cherche à se représenter le temps qu'une végétation tropicale aurait pu mettre à garnir le territoire tributaire du bassin, on trouve des chiffres infimes, qui sont à ceux des anciens auteurs comme 1 est à 100, sinon comme 1 est à 1000.

Ce n'est pas tout encore, et l'un des principaux mérites des observations de M. Fayol est d'avoir établi avec quelle rapidité a dû se faire la transformation en houille des débris végétaux (1). En effet, dans le bassin de Commentry, comme dans celui de la Haute-Dordogne, il a recueilli de nombreux *cailloux de houille*, faisant partie des conglomérats carbonifères au même titre que les galets de quartz, de gneiss, de micaschiste, empruntés aux roches de la périphérie des bassins. La houille de ces cailloux était parfaitement formée. Souvent même on y distinguait la succession de lits mats et brillants, si fréquente dans les charbons du centre de la France. Ainsi, pendant la formation d'un bassin qui, précisément, appartient, par l'homogénéité reconnue de sa végétation, à une phase très étroitement limitée de l'époque houillère, au moment où

(1) C'est pour cette transformation que M. Grand'Eury, dans ses Mémoires, a cru devoir accepter le mot de *houillification*. Nous avouons que, pour notre part, nous n'avons jamais pu nous résigner à enrichir la langue française d'un vocable aussi peu harmonieux.

se déposaient les derniers conglomérats, les couches végétales de la base étaient déjà de la houille. Un changement dans l'équilibre du sol, en ramenant au jour une portion de delta déjà consolidée, en a permis l'érosion par les torrents, et la houille en a subi l'effet tout comme les roches encaissantes. A peine si l'on peut dire que le charbon de ces galets offre un peu moins de densité et de dureté que la houille normale du même bassin.

Ce fait est gros de conséquences, et l'on en peut déduire, avec M. B. Renault, qu'au rebours des idées autrefois professées sur l'intervention du métamorphisme général, *c'est antérieurement à leur enfouissement dans les deltas que les matières végétales sont devenues de la houille.* Depuis lors, elles n'ont guère été modifiées que dans leurs propriétés physiques: la pression a augmenté leur densité, en déformant un peu les tissus; l'intercalation dans un milieu poreux a déterminé une déshydratation. Mais la composition chimique du charbon minéral était acquise dès le début, et le temps n'est pour rien dans le phénomène!

Déjà, du reste, le microscope avait fait évanouir le mirage d'une transformation progressive de la tourbe en lignite et de celui-ci en houille. Les lignites de l'Allemagne du nord s'étaient révélés comme constitués par des débris de conifères, tandis que les cycadées dominaient parmi les charbons jurassiques, et que ces différents types se montraient absents de la flore houillère. Mais si la différence intrinsèque et originelle des dépôts se trouvait ainsi établie, il n'en résultait pas que le charbon minéral eût été formé de suite tel qu'il est. Or c'est le fait capital qui ressort des travaux de M. Fayol, et il ne reste plus qu'à en développer les conséquences. C'est ce que nous allons faire en nous aidant des considérations récemment développées par M. B. Renault, au sujet de la houille du bassin de Commentry (1).

(1) *Flore fossile de Commentry*, dans Bull. Soc. industrie minérale, [3], IV.

La houille de cordaïtes de Commentry, qui provient d'un bois parfaitement homogène et sans mélange, répond sensiblement à la formule $C^{14}H^{5}O$. On peut déduire cette composition de celle de la cellulose $(C^{12}H^{10}O^{10})^{6}$, en faisant perdre à cette dernière 30 équivalents d'acide carbonique, 14 équivalents d'hydrogène proto-carboné, et ajoutant un équivalent d'eau. C'est précisément la réaction qui s'accomplit dans la vase des marécages où, sous l'influence de micro-organismes, la cellulose se décompose, en dégageant de l'acide carbonique et du gaz des marais.

Il est vraisemblable que les matières végétales des forêts et des marécages houillers ont subi une macération analogue, après quoi, entraînées dans les lacs ou les estuaires, et recouvertes de sables et d'argiles, elles ont vu la transformation se compléter sous l'influence d'une pression graduelle et d'une déshydratation au contact de couches poreuses.

A cette époque, les plantes possédaient de nombreux appareils pour la sécrétion des gommes et des résines. Les fougères, les cycadoxylées, les sigillaires en étaient abondamment pourvues. Or les eaux provenant du lessivage de ces plantes, laissant déposer les substances résinoïdes devenues insolubles après le travail des micro-organismes, ont pu engendrer des masses combustibles différentes de celles qui proviennent directement des végétaux organisés.

En tout cas, c'est sans doute dans cette richesse en produits résineux, jointe aux facilités rencontrées par la macération, que réside le privilège spécial de l'époque houillère. Le bénéfice d'un climat tropical, avec atmosphère lourde et humide, était alors étendu au globe tout entier, et sur des continents qui, après avoir longtemps cherché leur assiette, commençaient à acquérir une ampleur rarement dépassée depuis lors, s'installait une végétation d'une puissance extraordinaire, toute chargée

de principes gras et féculents. C'est l'abondance de ces principes qui, en engendrant par macération la substance ulmique, a imprimé sa caractéristique au phénomène houiller. Si plus tard le transport des végétaux en décomposition et leur accumulation dans des deltas ont pu se reproduire sur une échelle analogue, du moins le changement déjà survenu dans le monde végétal n'aura permis que par exception la formation d'un produit identique avec la houille. C'est probablement pour cette cause que les anciens rivages jurassiques des régions septentrionales n'offrent que des couches charbonneuses de mauvaise qualité, tandis qu'au Tonkin une véritable houille se trouve dans l'étage rhétien.

D'après ce qui vient d'être dit, la transformation des plantes en houille aurait comporté deux phases successives (1) : la première, purement chimique, comprenant l'appauvrissement en hydrogène et l'enrichissement en carbone des tissus végétaux et de leurs produits; la seconde, mécanique, celle de compression et de dessiccation dans un milieu perméable, faisant acquérir aux houilles les propriétés physiques qui les caractérisent. Le résultat de ces deux phases dépend, entre certaines limites, de la nature chimique et physique des végétaux. Ce sont les feuilles, les bois, mais surtout les assises subéreuses et prosenchymateuses des écorces, plus ou moins chargées de réservoirs de sécrétion, qui ont concouru à la formation du charbon minéral. Comme ces divers éléments sont loin d'être identiques au point de vue de leur richesse en composés résineux; comme, en outre, le transport par l'eau courante a dû, bien souvent, opérer un classement des produits par catégories similaires, on s'explique sans peine la grande variété des houilles, leur teneur inégale en matières bitumineuses, et la proportion non moins variable des gaz qu'elles peuvent donner à la distillation.

(1) Renault, *loc. cit.*

On peut aller plus loin et reconnaître, ou tout au moins soupçonner, dans les circonstances du processus de macération, la cause du développement du grisou. On sait que ce gaz, si dangereux par son mélange avec l'air, est surtout constitué par de l'hydrogène protocarboné ou gaz des marais. Nous venons de voir que cet hydrocarbure devait précisément se dégager lors de la transformation en houille de la cellulose. S'il a pu s'échapper librement, le charbon sera exempt de grisou ; s'il est demeuré emprisonné parmi les débris végétaux, où il aura été forcé de séjourner avec compression, il se dégagera quand une issue lui aura été ouverte par l'exploitation ; et des masses énormes du gaz fatal pourront ainsi se répandre en quelques instants au dehors, puisqu'elles préexistent et sont en quelque sorte emmagasinées dans les pores de la houille.

Le travail de la macération des végétaux devait d'ailleurs s'accomplir rapidement ; car, dans un bassin peu étendu, comme celui de Commentry, des parties où la houille est complètement formée coexistent avec d'autres où la transformation est à peine esquissée ; et nous avons vu, par l'exemple des galets de houille, que la réaction était certainement achevée bien avant que tout l'ensemble des sédiments du bassin se fût déposé.

Tels sont les enseignements si féconds que nous donne l'étude détaillée des gisements lacustres du centre de la France, et qui changent sur tant de points les vues théoriques dont jusqu'alors on s'était contenté. Si l'on réfléchit qu'au cours de leurs recherches, MM. Grand'Eury et Fayol ont mis en lumière une foule de documents qui ont considérablement élargi nos connaissances, aussi bien sur la faune entomologique et ichthyologique de l'époque houillère que sur sa flore ; qu'à ce dernier point de vue, M. Grand'Eury a fait en paléobotanique d'importantes découvertes, ultérieurement étendues par les travaux de MM. Renault et Zeiller ; enfin qu'il a su préciser les

diverses phases de la végétation carbonifère, au point que l'étude des espèces dominantes est devenue, entre ses mains, un moyen d'information industrielle dont la fécondité s'est récemment révélée avec éclat dans les recherches de houille du bassin du Gard, on ne sera pas étonné de nous entendre réclamer pour ces savants une place éminente parmi ceux qui ont droit à la reconnaissance des géologues.

Nous nous permettrons d'ajouter que, si leurs efforts ont été couronnés d'un succès aussi exceptionnel, c'est qu'ils n'ont cessé de faire à la fois œuvre d'ingénieurs et œuvre de naturalistes. Ce n'est pas dans le silence du cabinet ou du laboratoire, ni pour les besoins d'un enseignement didactique, que les idées ont pris corps dans leur esprit. Sans cesse en contact avec le terrain, obligés de pourvoir aux nécessités quotidiennes de l'exploitation, ils ont entrepris de la doter de méthodes rationnelles, et c'est dans ce but pratique qu'ils ont voulu voir clair au milieu des apparences compliquées devant lesquelles leurs prédécesseurs s'étaient inclinés. Ainsi, l'excellence des résultats obtenus tient à l'heureuse alliance de la méthode rigoureuse et géométrique de l'ingénieur avec le coup d'œil qui fait les naturalistes.

Les coupes de Commentry sont si lumineuses, et toutes les particularités qu'on y observe s'accordent si bien avec les résultats des expériences de sédimentation, que tous ceux qui ont visité ce remarquable gisement en sont revenus convaincus de l'excellence de la théorie des deltas. Mais plusieurs se sont efforcés d'établir que si la doctrine de M. Fayol était bien applicable aux petits bassins lacustres du centre de la France, elle ne convenait en rien aux gisements marins de la Flandre, de la Belgique, de l'Angleterre et de la Westphalie. Telle est, en particulier, la thèse que développait, le 17 décembre 1889, à la séance publique de la classe des sciences de l'Académie royale

de Belgique, l'éminent ingénieur et géologue belge, M. Alphonse Briart. A ses yeux, la régularité et la grande étendue des couches de houille du nord excluent toute idée de transport, de même que la présence, à la base des lits houillers, des *Stigmaria*, affirme le développement en place d'une végétation arborescente. Si compliquée que soit l'hypothèse d'une suite presque indéfinie d'affaissements et de comblements, M. Briart la croit nécessaire pour expliquer la superposition de nombreuses couches. Le temps, qui n'a pas dû être marchandé à ces opérations, leur aurait permis de se répéter bien des fois sans cataclysmes, et sans qu'il soit nécessaire de faire appel à une continuelle mobilité de l'écorce, peu conciliable avec ce qu'on sait de sa stabilité actuelle.

Du reste, pour ne pas encourir le reproche de dénaturer la pensée de notre savant ami, nous reproduirons textuellement ici quelques passages de son discours, et notamment celui où il trace le tableau de ce que devait être le pays des charbonnages belges à l'époque des houilles (1).

« Représentons-nous cette plaine basse, immense, comme une jungle de l'Inde ou une steppe de la mer Caspienne, s'étendant à perte de vue dans le sens de l'est et de l'ouest, et s'arrêtant vers le sud aux montagnes bleues qui bordent l'horizon de ce côté et qui sont les premiers soulèvements des Ardennes. Depuis l'époque déjà lointaine de ces soulèvements, la contrée n'a pas cessé de s'affaisser et la mer a commencé le comblement de l'immense dépression qui en était résultée. Les bassins secondaires se sont remplis dès l'époque dévonienne; puis est venue l'époque carbonifère qui a complété l'horizontalité des dépôts. Les premières assises sédimentaires de l'époque des houilles se sont déposées à leur tour et la mer s'est retirée vers le nord. Elle y a formé un cordon littoral et élevé de faibles dunes, ceinture protectrice qui lui a, de ce côté, fermé

(1) *Bull. Acad. royale de Belg.*, 1889, p. 842.

l'accès de la plaine. Par le jeu des marées, elle y a fait longtemps refluer les cours d'eau qui y apportaient leurs dépôts limoneux. Le niveau s'est élevé de plus en plus et tout y est admirablement préparé pour la formation qui va venir.

» A un régime purement marin a succédé un régime d'eaux saumâtres, et bientôt celui-ci a été remplacé par un régime entièrement d'eau douce. Les eaux limoneuses se sont peu à peu détournées, et il ne reste sur la vaste plaine qu'une eau peu profonde, dans laquelle n'arrivent plus les sédiments terreux.

» Bientôt une abondante végétation vient s'y implanter, et elle se trouve transformée en une forêt immense. Des cours d'eau, maintenant au-dessus du balancement des marées, y décrivent leurs méandres aux cours changeants, paisibles et tranquilles. »

Alors l'auteur trace le tableau de la végétation de l'époque, et dit comment les débris de cette végétation, s'accumulant sur le sol même comme font aujourd'hui les détritus au pied des arbres d'une forêt vierge, y ont fourni les matériaux d'une couche de houille. Mais cette accumulation ne peut pas être indéfinie et, pour expliquer la superposition de plusieurs couches distinctes en un même point, M. Briart fait intervenir en ces termes les mouvements du sol :

« L'affaissement général de la contrée continue; il s'accentue même à un moment donné et modifie brusquement le régime des eaux. Les ruissellements plus rapides entaillent plus profondément les terres émergées et, se répandant au milieu de la forêt houillère, y transforment les eaux limpides en eaux boueuses et sédimentaires. De son côté, la mer y revient, d'abord par les embouchures des rivières, puis, franchissant les faibles barrières que lui opposent les dunes affaissées, en refoule les débris dans la plaine. Les sables et les argiles se déposent, tantôt en eaux douces, tantôt en eaux salées, nous offrant ainsi le

type le plus saisissant d'une *formation poldérienne*. La végétation disparaît.

» Cet état de choses continue jusqu'à ce que ces sédiments, après un temps plus ou moins long, finissent à leur tour par combler le polder. Alors les ruissellements deviennent moins rapides et de nouvelles dunes restreignent de nouveau l'empire de l'océan. L'eau, moins profonde, redevient limpide, la végétation reprend possession du domaine dont elle avait été momentanément dépossédée, et une seconde couche de houille commence à se former. »

Une première chose nous frappe dans ce tableau, du moins dans la forme qui lui est explicitement donnée : c'est la complète méconnaissance des lois ordinaires de l'hydraulique. Comment! voilà une plaine immense, sans limites, que le temps a transformée en un vaste marécage, où les eaux qui viennent du continent n'ont plus la force de transporter même du limon, et c'est par un *affaissement général* qu'on prétend restituer aux ruissellements une nouvelle puissance! Mais ne sait-on pas que l'activité des eaux courantes est uniquement gouvernée par la différence de hauteur qui existe entre les sources et les embouchures? De telle sorte qu'un affaissement du sol, qui diminue cette différence, ne peut qu'entraver encore l'écoulement des eaux et paralyser davantage en elles la faculté de transporter des matières solides. Pour les rendre capables de charrier du limon et des sables, c'est tout le contraire, c'est un *relèvement* du terrain qu'il faut de toute nécessité invoquer. Une résurrection de l'activité sédimentaire, sur un point où cette dernière s'était déjà endormie par suite du défaut de pente, ne peut résulter que d'une émersion du pays sur lequel l'érosion avait cessé d'avoir prise, et c'est, en pareil cas, un contre-sens absolu que de parler d'affaissement.

Il y a plus : on a encore présent à l'esprit le portrait que M. Briart vient de tracer de cette immense lagune,

qui se poursuit à perte de vue, portant sa parure forestière au pied baigné par une eau limpide. Mais que va donc devenir la contrée quand il se sera produit une suite d'affaissements assez considérables pour permettre l'accumulation des *douze cents* mètres de sédiments que comporte le seul terrain houiller du bassin de Mons? Elle se sera évidemment affaissée tout entière de pareille quantité. Alors, à moins de supposer un trop complaisant mouvement de bascule, faisant regagner d'un côté ce que l'on perd de l'autre, mouvement auquel il n'est d'ailleurs pas fait la plus petite allusion dans l'écrit que nous venons de citer; alors, disons-nous, il ne restera bientôt plus rien du pays! Aujourd'hui, nous transportant sur le rivage de la mer du Nord, nous pouvons aussi, comme on l'eût fait à l'époque houillère, porter nos regards sur une plaine immense, apercevant à peine ou même pas du tout, à l'horizon, les hauteurs bleues de l'Ardenne et du Brabant, contre lesquelles la plaine va mourir. Infligeons-lui maintenant une suite d'affaissements d'une amplitude totale égale à douze cents mètres: ce n'est plus seulement la plaine qui disparaîtra. Le Brabant, l'Ardenne, et presque toute l'Europe y passeront avec elle, et finiront par être enfouis sous plusieurs centaines de mètres d'eau salée.

A tout le moins, puisqu'à l'époque houillère, la mer longeait le bord méridional de l'ancien continent paléozoïque, de nos jours si morcelé, qui s'étendait alors de la Finlande à l'Amérique du Nord, à mesure que se prononçait l'affaissement des lagunes de la houille, c'est au nord que la mer devait s'avancer, et s'il est possible qu'à une certaine distance elle rencontrât un obstacle invincible dans quelque chaîne de hauteurs aujourd'hui disparue, du moins il n'est pas contestable que le territoire affecté à la formation des couches de houille devait s'étendre dans cette direction, en proportion même des progrès de l'affaissement.

Voyons maintenant ce que nous enseigne la géologie. Au rebours de ce qu'on devrait attendre, elle nous montre les couches de houille *constamment refoulées vers le sud-ouest.* Ainsi les houilles maigres, celles qui occupent, comme on sait, la base de la formation, apparaissent sur le bord nord-est du bassin ; viennent ensuite les houilles demi-grasses, qui forment une bande extérieure à la précédente ; puis les houilles grasses, encore plus distantes des premières, et les *flénus* ne se montrent que contre la lisière sud-occidentale des faisceaux houillers. Jamais, sur une même verticale, on n'observera la superposition des flénus aux houilles maigres, ce qui devrait être, quelque inclinaison que les couches eussent ultérieurement subie, si la succession de ces deux régimes résultait d'un simple phénomène d'affaissement. Loin d'avoir été conquis par la mer en proportion de l'amplitude de ce mouvement vertical, le territoire belge a été, au contraire, de plus en plus délaissé par les lagunes houillères, celles-ci se déplaçant toujours vers le sud, jusqu'au jour où la formation du charbon de terre s'y est trouvée complètement interrompue, tandis qu'elle continuait dans le bassin de la Sarre comme dans le Plateau Central de la France.

Ainsi la conception n'est pas seulement condamnée par les lois imprescriptibles de l'érosion et de l'hydraulique ; elle est formellement démentie, en fait, par la distribution géographique des sédiments houillers, attestant qu'au lieu d'un mouvement de descente, c'est une *émersion* progressive du territoire qui s'est produite.

Ce n'est pas tout ; et la façon dont se présentent, vers la base de la formation, les couches à fossiles marins, subordonnées aux sédiments houillers, empêche de considérer comme des lagunes les territoires où se formait le charbon de terre. En effet, ce ne sont pas des coquilles d'eau saumâtre qu'on rencontre dans ces assises, ni même des espèces habituées à vivre contre les rivages, sous une

faible profondeur d'eau; ce sont des êtres franchement marins, tels que des ammonitidés (des goniatites, par exemple), qu'aucun zoologiste ne soupçonnera jamais capables de migration dans des lagunes superficielles. Elles pourraient, il est vrai, y avoir été jetées par la vague, après la mort des animaux; mais alors on les trouverait dans des grès ou des schistes d'origine détritique. Au contraire, elles apparaissent dans de minces lits calcaires, attestant le retour momentané des conditions qui avaient présidé au dépôt des calcaires carbonifères, et dont la première est certainement l'absence d'eaux troubles, chargées de vase ou de sable. Donc, au moment où ces lits se sont formés, le régime marin d'eau profonde était certainement rétabli. Dès lors, les schistes et les grès encaissants ne sont plus de simples alluvions fluviales, venant combler une cuvette poldérienne; ce sont des sédiments directement jetés dans la mer, et le fait de leur intermittence, permettant le retour des coquilles pélagiques avec le dépôt des calcaires, ne peut s'expliquer que d'une façon, à savoir par les déplacements plus ou moins capricieux d'une embouchure. Nous voilà donc, de force, ramenés à la notion des *deltas*. Ce sont bien, d'ailleurs, des dépôts opérés sous une couche d'eau assez épaisse, que ces sédiments houillers du nord, où domine la teinte grise et noirâtre, indice d'une formation à laquelle le libre accès de l'air a manqué. Si c'était, comme on le prétend, le produit du ruissellement accompli sur les terres voisines de la lagune, on y verrait, comme dans les limons et les sables du temps présent, dominer la teinte claire et ferrugineuse des minéraux portés à leur maximum d'oxydation. Au lieu de cela, quand le fer s'y rencontre, c'est bien souvent à l'état de carbonate, c'est-à-dire d'une substance que la moindre action atmosphérique transforme en limonite. Ainsi, quelle qu'ait été l'origine première des éléments de ces dépôts, de quelque portion du territoire environnant qu'ils dérivent, leur état

actuel accuse un long transport dans une grande masse d'eau, et surtout une chute finale dans des régions soustraites à l'action de l'air; toutes circonstances caractéristiques de l'embouchure des fleuves.

Mais poursuivons; puisque, dans ces sédiments, nous voyons se révéler la puissance de dégradation et de transport d'eaux continentales, venant déboucher dans un détroit en voie de comblement, il est impossible que, parmi les matières charriées, les détritus végétaux fassent défaut. On vient de nous dire qu'une immense forêt couvrait un pays absolument plat. C'est au travers de cette végétation que les grands cours d'eau, obligés de se frayer un passage, nécessairement variable vu l'absence de pente, doivent maintenant accomplir une partie de leur œuvre d'érosion. Que feront-ils donc de toutes ces plantes qu'ils détruisent impitoyablement, sinon d'en flotter les débris jusqu'à l'embouchure, pour les jeter, pêle-mêle avec les troubles, dans le delta, où la différence des densités amènera le dépôt successif du sable, de la vase et des végétaux ? ces derniers, d'ailleurs, devant être enfouis sous de nouvelles alluvions avant qu'ils aient eu le temps de se dégager complètement de la vase et de remonter jusqu'à la surface de l'eau.

Une autre circonstance plaide encore en faveur des deltas : c'est la composition même des sédiments houillers du nord. D'une part, on n'y observe jamais de galets, jamais rien qui ressemble à un cordon littoral de cailloux, comme la vague en édifie sur tous les rivages soumis à l'érosion; d'autre part, rien non plus ne trahit l'existence d'eaux continentales torrentielles; le grain des grès houillers est toujours très fin, si fin que le mica y forme souvent des lits parallèles, changeant les grès en *psammites*. Ce qui domine, ce sont les schistes, c'est-à-dire d'anciennes vases argileuses. Or l'eau courante ne cesse de transporter des cailloux de grosseur appréciable que quand sa vitesse moyenne descend aux environs de

$0^m,50$ ou 1 mètre par seconde, ce qui est la vitesse des grands cours d'eau actuels au voisinage de leur arrivée dans la mer. Ce sont donc des sédiments d'embouchure, étalés par des fleuves puissants, parvenus à une grande distance des régions où le travail actif de l'érosion était venu troubler leurs eaux. Et cela encore nous ramène à la notion des deltas. Quoi de plus simple, d'ailleurs, que de voir ces dépôts, gagnant de proche en proche à partir du nord-est, combler peu à peu la fosse profonde que l'un des soulèvements hercyniens avait creusée entre le Brabant et l'Ardenne, les couches de débris végétaux venant ainsi se plaquer les unes par-dessus les autres, avec des intervalles stériles, et sous des angles divers ? De telle sorte que, dans leur état actuel d'inclinaison, il y a lieu de faire la part, à la fois de la pente originelle des couches, et des dislocations ultérieures dont elles ont ressenti le contre-coup. Comme aussi on s'explique bien, dans cette conception, l'embarras où se trouvent les mineurs, quand ils cherchent à raccorder ensemble les couches de deux charbonnages voisins ! Ce raccordement devrait être la chose la plus simple du monde, si ces couches avaient pris naissance, au même moment, dans une seule lagune au fond horizontal. On sait bien pourtant que ni les couches ne se prolongent exactement (même abstraction faite des dislocations subséquentes), ni les *stampes* ou intervalles stériles ne demeurent constants, ce qui oblige à imaginer des mouvements d'une complication extraordinaire, comme ces phénomènes de bascule avec charnière qu'on invoque pour expliquer l'apparent dédoublement de certains lits. Au contraire, que tout cela devient simple quand on considère qu'il s'agit de dépôts de deltas, dus à une embouchure qui se déplace sans cesse, de telle sorte que les sédiments n'ont qu'une étendue limitée, et se recouvrent capricieusement en s'imbriquant les uns dans les autres ! Enfin, comme on trouve dans le tassement naturel et forcément inégal des dépôts inclinés d'un delta une

justification rationnelle de ces accidents si fréquemment révélés par l'exploitation, quand le terrain se montre morcelé en paquets que limitent de petites failles obliques, ne se prolongeant ni en haut ni en bas au delà du faisceau qu'elles affectent !

Il est un autre argument que nous ne pouvons pas nous dispenser de mettre en lumière : c'est la rareté relative, dans les bassins du nord, des tiges, debout ou couchées. Si la houille était le résultat de la décomposition sur place des matériaux d'une forêt, c'est dans les prétendues lagunes du nord, où ces forêts auraient été extraordinairement développées, qu'on devrait rencontrer le plus grand nombre de troncs, de branches ou d'écorces. Au contraire, il semble que l'abondance de ces éléments soit en raison inverse de la dimension des bassins, et tel gisement de quelques kilomètres, même de quelques hectomètres carrés, situé dans les dépressions du Plateau Central, en fournira plus que n'en donneront les plus grands charbonnages de Flandre ou de Belgique. Inexplicable dans l'hypothèse d'une forêt en place, cette circonstance se justifie immédiatement, si l'on réfléchit que les deltas marins se formaient à une grande distance des points où avait lieu l'apport des matières végétales; de telle sorte que celles-ci, dans le long trajet qu'elles devaient parcourir, avaient plus de chances de n'arriver à la mer qu'à l'état de menus fragments.

Du reste, les tiges qui y sont parvenues l'ont fait de manière à ne laisser aucun doute sur la façon dont elles y ont été conduites. Nous avons reproduit dans notre *Traité de Géologie* (1), d'après l'*Explication de la Carte géologique de France*, de Dufrénoy et Élie de Beaumont, le dessin d'une tige fossile observée à Anzin (2). Nous avions choisi cette vignette exprès, parce qu'il était impossible de dire qu'elle eût été faite pour les besoins de la cause; car elle a été

(1) 2e édition, p. 863.
(2) *Explication*, etc. Tome I, p. 763.

publiée en 1841, à une époque où l'on croyait à la formation de la houille en place, et la tige en question était même présentée par les auteurs comme un argument en faveur de la théorie. Or cette tige, sans racines à sa base, dépourvue de branches et coupée net à 5 mètres de hauteur, offre cette particularité, de traverser à la fois un grès houiller et une argile schisteuse, dont les strates, au contact du végétal, ont été *nettement relevées en bourrelet*. Absolument inexplicable dans l'hypothèse d'un dépôt tranquille, venant entourer un tronc d'arbre en place, ce relèvement (d'ailleurs habituel autour des tiges des bassins lacustres) indique d'une manière certaine (l'expérimentation directe le démontre aussi) que le dépôt a eu lieu dans une eau agitée, au contact d'un corps charrié par le courant qui transportait les sédiments. Le même phénomène se reproduit autour d'un tronc de moindres dimensions, dessiné deux pages plus loin, et ainsi nous devons à la conscience et à la scrupuleuse exactitude des illustres auteurs de la Carte géologique de France de pouvoir, après cinquante ans écoulés, réfuter leur propre manière de voir en invoquant les documents mêmes sur lesquels ils avaient cru pouvoir la fonder.

En résumé, la houille des bassins maritimes est, comme celle des cuvettes lacustres, une alluvion végétale, déposée dans un delta. Seulement, le dépôt ayant eu lieu après un plus long transport, et par l'action de cours d'eau pourvus d'une moindre pente, en même temps que les sédiments fins prenaient seuls part à la constitution du delta, les débris végétaux y arrivaient en fragments plus menus et plus froissés (1). De là l'homogénéité bien

(1) M. B. Renault, qui a consacré tant de soins à l'étude miscrocopique des houilles, voulait bien tout récemment nous écrire ce qui suit, à propos des charbons des bassins du nord : « Ces houilles m'ont toujours montré des fragments de végétaux plus petits et plus difficiles à déterminer que ceux du terrain houiller supérieur (auquel appartiennent les bassins lacustres). La décomposition organique est plus complète, les fragments plus opaques ; il semble que le tassement ait été plus énergique. Les organes qui ont le mieux

plus grande des houilles du nord, et l'absence de signes organiques visibles à l'œil nu. En outre, les alluvions arrivant dans un bras de mer, le jeu des vagues les forçait à s'étaler. Déjà disséminées sur une plus grande surface, en raison de l'importance des masses d'eau fluviale qui les charriaient, elles devaient encore, sous l'action de la lame, tendre à s'aplatir dans le sens horizontal, ce qui explique comment les couches du nord sont généralement si régulières. Dans le Plateau Central, des paquets de végétaux, entraînés par un torrent, descendaient avec violence des pentes voisines d'un lac aux bords escarpés, pour s'y précipiter en un bloc avec les cailloux d'un torrent, engendrant ainsi des amas de houille puissants mais très localisés. Dans le nord, bien longtemps avant l'embouchure, il devait y avoir, lors des crues, d'immenses nappes fluviales, larges de bien des kilomètres, dans le genre des estuaires actuels de l'Orénoque et des Amazones, sur toute la surface desquelles s'étalait le convoi de matières végétales. Ce convoi formait déjà une couche mince, étalée et bien égale, dont l'action marine ne pouvait qu'accentuer la régularité. En se déposant, les matières ulmiques, qui en formaient la masse principale, se dégageaient peu à peu des vases tout à fait fines, avec lesquelles elles étaient charriées, ce qui explique, vu l'identité du phénomène à toutes les crues, la parfaite constance de la composition du *mur*. Au contraire, le *toit*, résultat d'une crue ultérieure, pouvait être quelconque. De plus, il s'appliquait sur la couche végétale déjà formée, sans lui rien emprunter. Enfin, comme les végétaux non macérés, tels que les frondes de fougères et un certain nombre d'écorces, avaient dû surnager à la surface des matières ulmiques, on comprend que leur empreinte ait été si souvent prise par la couche du toit.

résisté sont quelques graines, des spores, macrospores, des écorces de Lépidodendrées et de Sigillaires, qui ont flotté plus longtemps à cause de leur nature subéreuse et ont été mises ainsi à l'abri du choc des corps durs charriés en même temps. »

Dans les deltas ainsi engendrés, certains chargements de végétaux pouvaient parvenir dans des eaux très profondes ; et les interruptions du dépôt des vases, causées par la divagation des embouchures, étaient propres à y faciliter le retour des animaux pélagiques, momentanément chassés par un voisinage gênant. D'autres couches, déposées au voisinage immédiat de la surface, sur la partie du delta en voie d'émersion, recevaient le contact des eaux saumâtres, et devenaient, provisoirement ou pour toujours, le fond de lagunes bientôt accessibles à une végétation aérienne ; auquel cas des plantes enracinées, ayant réellement vécu *in situ,* pourront, comme dans les bassins lacustres, et mieux encore peut-être, se trouver associées aux sédiments détritiques.

Ainsi tout s'explique aisément dans cette conception, jusqu'à la persistance si accentuée de cette action fluviale, qui a pu durer assez longtemps pour combler, sous des milliers de dépôts, l'ancien bras de mer du calcaire carbonifère. La géologie nous enseigne que les mouvements hercyniens ont fait naître, à l'époque carbonifère, une chaîne de hauteurs qui se poursuivait de l'Armorique jusqu'au delà de la Bohême, et dont la surrection a été l'effet de poussées successives, ayant commencé avec l'époque dévonienne, pour s'accentuer pendant l'époque houillère. C'est sans doute à la faveur de ces mouvements du sol, prélude de la grande émersion permienne de nos contrées, que les cours d'eau ont disposé pendant si longtemps du pouvoir d'érosion dont témoigne l'importance des sédiments houillers.

Parvenus au terme de cette démonstration, ne convient-il pas de se demander comment il se fait qu'une théorie, qui nous semble à nous si lumineuse, et en dehors de laquelle fourmillent les contradictions et les impossibilités, n'ait acquis l'adhésion des spécialistes que dans son pays d'origine, et qu'à l'étranger il lui faille encore livrer bataille pour obtenir d'être prise en considération ? Assu-

rément il faut faire la part, la grande part même, de la défiance qu'inspire, *à priori*, toute conception nouvelle, arrivant de l'extérieur, et prétendant mettre en défaut des notions qu'on a depuis longtemps admises sans hésitation, de sorte qu'elles semblent faire partie du patrimoine national. Cette quarantaine à laquelle sont soumises les doctrines étrangères, tout comme les marchandises à la douane, est de règle, et ne doit pas surprendre outre mesure. Mais peut-être aussi est-il permis de penser que si la théorie des alluvions végétales est souvent incomprise, c'est un peu par la faute des premières publications de ceux qui l'ont conçue. Un inventeur n'arrive jamais, du premier coup, à une formule irréprochable, et la tendance même qu'il cherche à faire prévaloir doit, par une loi presque inévitable, l'entraîner fatalement dans quelque excès. Déjà nous avons vu que M. Grand'Eury, après avoir si clairement démontré le caractère sédimentaire de la houille, avait, si l'on peut s'exprimer ainsi, gâté sa théorie par la distinction arbitraire et contre nature des eaux de ruissellement en limpides et limoneuses. De son côté, préoccupé de réagir contre la disposition à abuser des mouvements de l'écorce terrestre, M. Fayol a peut-être mis, au début, trop d'insistance à n'en admettre aucun. De même il a laissé voir, à l'endroit des enseignements de la paléontologie végétale, un scepticisme injustifié. Ces écarts se sont atténués depuis lors, et il suffit, pour s'en convaincre, de lire le compte rendu de la réunion de la Société géologique de France à Commentry. Mais ils peuvent continuer à servir de prétexte à ceux qui ne veulent pas se rendre, et c'est pourquoi nous jugeons utile d'en répudier ici la solidarité.

En géologie, plus qu'en toute autre matière, l'expérience impose un sage éclectisme, et la complication des phénomènes naturels est si grande, qu'on risque gros jeu à vouloir encadrer chaque catégorie dans une formule

unique et invariable. Ainsi, de ce que la houille est une formation de transport, et de ce que, dans l'immense majorité des cas, son dépôt a dû se faire dans des deltas, il n'en résulte pas, nous l'avons déjà reconnu, qu'on ne puisse rencontrer de végétaux *in situ* dans les sédiments houillers. De même, si les couches de houille ont pu se former sous des inclinaisons assez prononcées, il serait téméraire d'affirmer que l'allure actuelle des bassins du Plateau Central n'a été troublée que çà et là par la sortie de quelques roches éruptives. On répondrait victorieusement en montrant des couches pliées en forme de V, ou notoirement renversées sur elles-mêmes. On rappellerait les importantes dislocations qui se sont produites en Europe, pendant la formation des terrains houillers, introduisant une discordance presque générale entre le système des sigillaires et celui des fougères; dislocations auxquelles, pour notre part, nous attribuons le fréquent renouvellement de la puissance mécanique des cours d'eau. Prétendre que ces mouvements du sol aient été sans influence sur les phases de la formation des bassins, même lacustres, serait évidemment excessif. Par exemple, les dernières études de M. Grand'Eury sur le bassin du Gard y ont montré l'existence de deux faisceaux houillers, séparés par un puissant système stérile. Les flores des deux faisceaux appartiennent à deux phases très différentes, et nullement consécutives, de la végétation houillère. Il est inadmissible que, de l'une à l'autre, le bassin lacustre ou lagunaire ait continué à exister sous la même forme, et que les variations du même delta justifient le dépôt du système stérile, comme la discordance manifeste qui sépare les faisceaux houillers. Là, certainement, les mouvements orogéniques ont joué un rôle; et dans bien des cas il a dû en être de même; car, par cela seul que les bassins houillers occupaient des dépressions, ils marquent des zones faibles de l'écorce terrestre, et jalonnent souvent des lignes de facture, dont l'équilibre a dû être troublé à bien des reprises.

En introduisant ces réserves, nous ne croyons nullement diminuer le mérite des savants ingénieurs dont nous nous appliquons à populariser les idées. Au contraire, c'est pour leur frayer plus facilement la voie que nous tenons à en élaguer tout ce qui pourrait légitimer, en apparence, la prolongation d'une résistance que nous espérons voir bientôt tomber.

Dans le discours que nous avons plus d'une fois cité, notre éminent ami M. Briart voulait bien rappeler que nous avions été, dès la première heure, un champion convaincu de la théorie des deltas houillers. Avec sa bienveillance habituelle à notre égard, il se plaisait à qualifier cette adhésion d'importante, tout en ajoutant que, « malgré cette haute autorité », il lui semblait que la doctrine aurait de la peine « à faire son chemin dans le monde géologique ».

En ce qui concerne la France, la prévision de M. Briart ne s'est pas réalisée. Tous, ou peut s'en faut, sont aujourd'hui d'accord sur ce point; et si la France est loin de faire la majorité dans « le monde géologique », c'est bien quelque chose que l'adhésion raisonnée de gens qui ont vu, de leurs yeux, l'inoubliable gisement de Commentry, et qui, éclairés par cette lumière, en ont fait l'application facile à un grand nombre d'autres bassins. Voici maintenant qu'en Angleterre quelques observateurs arrivent d'eux-mêmes à cette idée, pendant que les sondages sous-marins, notamment ceux d'Alexandre Agassiz, nous apprennent qu'à des profondeurs de plus de mille brasses, au large des Antilles, le fond de la mer peut être parfois tapissé de végétaux terrestres. Nous espérons donc que la théorie des deltas est bien près de faire son tour du monde, et qu'un jour viendra sous peu, où l'on ne sera surpris que d'une chose: c'est qu'il ne lui ait pas suffi de se faire connaître pour se voir immédiatement acceptée.

A. DE LAPPARENT.

LE CALCUL SANS OPÉRATIONS

LA NOMOGRAPHIE (1)

Le calcul numérique joue un rôle capital dans la pratique, et son importance ne fait que s'accentuer de jour en jour. C'est que la recherche de la précision est devenue un besoin général à notre époque ; elle constitue, en effet, l'une des conditions essentielles du progrès moderne. N'est-on pas en droit de dire que l'homme ne s'est réellement rendu maître des forces physiques dont il utilise le jeu que le jour où il a su en calculer les effets? Tout le monde sait, en particulier, que les applications de la vapeur et de l'électricité, ces deux sources principales d'énergie auxquelles vient s'alimenter notre industrie, sont régies par des formules sans le concours desquelles on ne saurait espérer de sérieux perfectionnements. Peu importe d'ailleurs que ces formules proviennent de déductions théoriques basées sur des hypothèses *à priori* ou ne soient que la traduction en nombres des résultats d'une série d'expériences. Le seul fait que nous ayons à retenir ici, c'est que le calcul est un auxiliaire indispensable dans

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le 25 avril 1892.

le domaine des sciences physiques et de leurs applications.

Il n'est pas aujourd'hui jusqu'à la chimie, voire même à la physiologie, cette science hier encore toute d'observation, qui n'aient à y recourir en raison de la rigueur qu'une évolution contemporaine a introduite dans leurs méthodes.

Que dire des arts où de tout temps le calcul a joué un rôle prépondérant, celui du financier, celui du navigateur, celui de l'artilleur, etc..., sinon que la nécessité du calcul s'y montre de plus en plus impérieuse en raison de ce que les cas où il intervient y sont de plus en plus fréquents?

Mais le domaine classique où le chiffre exerce plus particulièrement son empire, c'est celui de l'art de l'ingénieur. Là, tout obéit à sa loi. Qu'il s'agisse de construire une route ou un pont, un chemin de fer ou un navire, une machine, une porte d'écluse, un barrage, un réservoir, une distribution d'eau, un canal, les fermes métalliques de la galerie des machines à l'Exposition universelle de 1889 ou la Tour Eiffel, la formule mathématique intervient toujours et nécessairement. Calculer est une partie obligatoire, non la moins pénible assurément, du labeur quotidien d'un ingénieur. Pour ne citer qu'un exemple particulièrement typique, nous rappellerons que, pour déterminer les formes et les dimensions des douze mille pièces métalliques qui entrent dans la composition de la Tour Eiffel, il n'a pas fallu moins de deux années entières du travail de quarante dessinateurs et calculateurs attelés d'une façon permanente à cette écrasante besogne.

Ces quelques indications suffiront sans doute à mettre en lumière l'importance pratique du calcul que j'affirmais en commençant.

Or, calculer, c'est, au sens ordinaire de ce mot, se livrer, la plume à la main, à une série d'opérations mentales qui constituent un ennui sinon une fatigue, qui

entraînent à des pertes de temps parfois très sérieuses, qui comportent enfin de notables chances d'erreurs. Une seule chose est intéressante dans le calcul : le résultat. Il semble dès lors éminemment désirable de réduire autant que faire se peut l'effort au prix duquel on l'obtient. Si cet effort pouvait être absolument nul, ce serait l'idéal.

On cite quelques prodiges, comme ce Mondeux auquel s'intéressa Cauchy, comme cet Inaudi qui vient de faire courir tout Paris après avoir fait l'étonnement de l'Académie des sciences, pour qui les calculs les plus laborieux ne sont que jeux d'enfants, qui exécutent de tête et presque instantanément les opérations les plus compliquées. Mais, outre qu'une telle puissance calculatrice est excessivement rare, elle ne s'allie généralement pas à un développement normal des autres facultés, en sorte que c'est faire œuvre d'une utilité vraiment générale que de chercher par quelque moyen à réduire, pour les hommes techniques de toute spécialité, le labeur auquel les assujettit la nécessité du calcul numérique.

Les procédés imaginés à cet effet sont très nombreux et très variés, et je ne saurais les examiner ici avec quelque détail sous peine de ne pouvoir m'étendre comme je le désire sur celui qui fait spécialement l'objet de cette conférence. Mais j'établirai entre eux une distinction fondamentale qui peut servir à les classer en deux grandes catégories.

I

LES PROCÉDÉS OPÉRATOIRES SIMPLIFIÉS DE CALCUL.

Lorsqu'on veut calculer le résultat d'une formule pour des valeurs particulières attribuées aux données, on a à effectuer une série d'opérations élémentaires (addition, soustraction, multiplication, division, élévation aux

puissances, extraction de racines) combinées suivant le mode indiqué par la formule. On peut songer d'abord à recourir à des moyens simplifiés d'effectuer ces opérations de manière à faire l'économie du travail mental qu'exige chacune d'elles lorsqu'on n'a recours à aucun artifice. De là, une première classe de procédés, d'essence d'ailleurs très diverse.

En premier lieu, on peut, après avoir représenté les données par des éléments géométriques tels que des segments de droite, effectuer sur ceux-ci des constructions aboutissant à d'autres éléments analogues représentant, à l'échelle adoptée, les inconnues cherchées. On substitue ainsi au calcul de tête de simples tracés linéaires, généralement plus expéditifs et moins sujets à erreurs. C'est cette idée qui a donné naissance au *Calcul par le trait* de Cousinery, ainsi qu'à la *Statique graphique* dont l'emploi, depuis les beaux travaux de Cullmann et de M. Maurice Lévy, est fort répandue dans les bureaux d'ingénieurs, et qui permet de résoudre, au moyen de simples épures, les problèmes que soulève l'étude de la stabilité et de la résistance des constructions.

On peut aussi, et c'est là un fait bien remarquable, confier à un mécanisme le soin d'effectuer les opérations élémentaires requises pour l'application des formules usuelles. Les machines à calcul, depuis celles de Blaise Pascal et de Jacob-Isaac Pereire, qui remontent aux deux derniers siècles, jusqu'à celle de M. Bollée, œuvre d'un jeune homme de 19 ans, qu'on a pu admirer à l'Exposition de 1889, en passant par celles bien connues de Thomas (de Colmar), de Tchebychew, etc..., toutes conçues d'après les principes les plus ingénieux, rendent, en pratique, de très grands services. En particulier, l'arithmomètre de Thomas se rencontre à Paris dans presque tous les établissements financiers, et spécialement dans les compagnies d'assurances.

Tout récemment un ingénieur des chemin de fer de

l'État français, M. Genaille, a imaginé une série d'appareils à calcul fort ingénieux et d'une construction très simple, qui pourront être livrés au public à un prix des plus modestes. Le fait mérite d'être signalé, mais je ne puis y insister par crainte de trop m'éloigner de mon sujet.

Tout le monde connaît enfin cette admirable invention du génie de Néper qu'on appelle une table de logarithmes, et qui permet de réduire toutes les opérations élémentaires à la seule addition. La simplification qu'elle introduit dans les calculs est par elle-même fort considérable et suffisante dans bien des cas. On a pourtant cherché à rendre celle-ci plus complète encore en supprimant à la fois la recherche dans les tables et les additions de logarithmes. On y est parvenu en combinant le principe même des logarithmes avec le jeu de certaines échelles mobiles équivalant aux opérations en question. Ainsi est née l'idée des règles à calcul, presque contemporaine de l'invention même de Néper, et qui s'est successivement transformée pour aboutir à ces appareils si simples et si commodes qui s'appellent la règle de Mannheim, l'*Universal proportion table* d'Everett, le *Computing telegraph* de John Fuller, l'Arithmographe circulaire, le *Spiral slide rule* de Georges Fuller, la *Calculating machine* de Thacker, etc...

Voilà donc tout un ensemble de procédés, de nature diverse, permettant de supprimer tout travail mental dans le calcul des opérations successives exigées par l'application d'une formule donnée. Cet ensemble de procédés constitue la première des deux grandes catégories que j'avais en vue tout à l'heure. Je vais maintenant passer à la seconde à laquelle se rattache le sujet de cette conférence.

II

LES TABLEAUX DE CALCULS TOUT FAITS. BARÈMES ET ABAQUES.

Quelque grande que soit la simplification introduite par les moyens qui viennent d'être rapidement passés en revue, leur répétition peut paraître fatigante lorsqu'on a, dans une certaine spécialité, pour des valeurs variées attribuées aux données, à effectuer souvent le calcul d'une même formule. Une idée se présente alors tout naturellement à l'esprit : établir une fois pour toutes, *par un procédé aussi simple que possible,* le catalogue des résultats de la formule en question pour toutes les valeurs pratiquement admissibles des données, de façon à n'avoir plus, dans chaque cas, qu'à consulter ce catalogue, pour obtenir, *sans aucune opération,* le résultat dont on a besoin.

L'établissement de ce catalogue représentera lui-même, il est vrai, une somme plus ou moins considérable de travail ; mais il faut remarquer, d'une part, que l'équivalent de cette somme de travail est bien vite dépassé lorsqu'on recommence le calcul dans chaque cas ; d'autre part, qu'une fois que le résultat en est acquis, c'est pour l'universalité des personnes qui, pour les besoins de leurs carrières respectives, ont à recourir à la formule en question ; enfin que le calcul d'une suite de résultats correspondant à des valeurs des données croissant suivant un ordre méthodique, comporte généralement des simplifications qui réduisent très notablement la besogne que représenterait le calcul de ces divers résultats pris dans leur ensemble mais indépendamment les uns des autres.

L'économie de temps qui résulte de là est d'autant plus sensible que, dans bien des cas de la pratique, notamment en ce qui concerne l'art de l'ingénieur, on a à *essayer* les

données, c'est-à-dire qu'on modifie successivement les données qu'on s'était primitivement fixées, de manière à amener progressivement le résultat à satisfaire à certaines conditions voulues. Il faut, dès lors, recommencer le calcul pour chaque nouvel état des données, ce qui fait qu'en réalité on a, pour chaque application de la formule, à reprendre plusieurs fois le calcul de celle-ci.

C'est cette idée de dresser un catalogue de résultats obtenus une fois pour toutes qui a donné naissance à la seconde classe de procédés de simplification des calculs que je visais plus haut.

Ces catalogues de résultats peuvent affecter la forme soit de tables numériques ou *barèmes*, soit de tables graphiques ou *abaques*. Je touche ainsi au but principal de ma conférence, qui est d'exposer en quelques mots et sous une forme aussi accessible que possible à un public qui n'est pas spécialement localisé dans les études mathématiques, les grandes lignes de la science des abaques ou *Nomographie*.

III

PRINCIPAUX AVANTAGES DES ABAQUES.

Un abaque est, d'après ce qui vient d'être dit, un tableau graphique de calculs tout faits. De tels tableaux ont été dressés, pour des cas particuliers, depuis fort longtemps, notamment par Louis Pouchet qui, dans sa *Métrologie terrestre* (Rouen, 1797), en fait usage pour les six premières opérations de l'Arithmétique, depuis l'addition jusqu'à l'extraction de la racine carrée. Mais leur emploi n'a commencé à se répandre dans la pratique qu'à dater des travaux de M. Lalanne, ingénieur au corps des Ponts et Chaussées français, mort récemment membre de l'Institut. Ce savant en fit une application remarquable, basée sur un ingénieux principe dont je parlerai tout à

l'heure, au calcul des profils de déblai et de remblai, lors de la construction des premières grandes lignes du réseau des chemins de fer français, soit vérs 1840.

Je n'insisterai pas ici sur l'historique de la question, parce que j'aurai occasion, au cours de mon exposé, d'en signaler les points saillants. Je tiens toutefois à dire que c'est en rapprochant du procédé de M. Lalanne ceux de divers auteurs dont je vais avoir à parler, notamment de M. Lallemand, ingénieur au corps des Mines français, et de M. Massau, ingénieur au corps des Ponts et Chaussées belge, ainsi que certains autres dont j'avais eu l'idée de mon côté, que je suis arrivé à distinguer les lignes principales de la théorie d'ensemble, comprenant tous ces procédés, à laquelle j'ai donné le nom de *Nomographie* (1).

La Nomographie repose sur l'emploi de la géométrie analytique ; ce n'est qu'avec ce précieux instrument que son étude peut être réellement féconde. Mais mon but n'est pas aujourd'hui d'initier mes auditeurs au maniement de cette théorie de façon à les mettre à même d'en faire immédiatement des applications ; cela ne serait d'ailleurs pas possible dans le court espace d'une seule conférence. Je m'estimerai fort heureux si je parviens à leur donner une idée suffisamment nette de ce que c'est qu'un abaque, à leur en faire valoir les avantages, à leur en expliquer le mode d'emploi, à leur montrer comment on est amené à en faire varier le type suivant le genre de formule qu'il s'agit de représenter.

J'ai déjà signalé l'intérêt qui s'attache à l'usage, dans la pratique, des tables de résultats tout calculés, barèmes ou abaques. Je vais maintenant mettre en relief les avantages de ceux-ci par rapport à ceux-là.

(1) De νόμος, *loi*, γράφω, *je dessine*. Un abaque est, en effet, la représentation graphique de la *loi* qui unit le résultat cherché aux quantités soumises au calcul, loi dont la formule traduite par cet abaque n'est que la représentation analytique.

En premier lieu, la préparation d'un abaque exige, en général, beaucoup moins de temps que celle du barème qui fournirait les mêmes résultats. Le tracé même des lignes dont l'ensemble constitue l'abaque dispense du calcul de nombre de résultats intermédiaires entre ceux qui ont permis de fixer la position de ces lignes, calcul qu'on peut simplifier, sans doute, comme je l'ai déjà dit, mais non supprimer complètement dans le cas du barème. Cet avantage est surtout sensible lorsque la formule considérée peut être représentée par un abaque uniquement composé de lignes droites. Dans ce cas, l'économie de temps se chiffre par un rapport qui peut aisément atteindre la valeur de 1/20.

En second lieu, l'abaque parle mieux à l'esprit, permet de mieux se rendre compte de la façon dont varie le résultat, lorsqu'on introduit certaines modifications dans les données. Par là, il se prête mieux à l'interpolation, c'est-à-dire à l'estimation du résultat pour des valeurs des données intermédiaires entre celles qui figurent effectivement sur le tableau.

Mais ce qui constitue l'avantage le plus incontestable de l'abaque sur le barème, c'est de se pouvoir prêter à plus de deux entrées. Voici un exemple propre à bien mettre en lumière cet avantage. Supposons qu'il s'agisse, entre certaines limites assignées aux coefficients, de dresser un tableau faisant connaître les racines réelles de l'équation complète du 3e degré

$$z^3 + nz^2 + pz + q = 0,$$

à laquelle les ingénieurs doivent avoir recours pour certaines applications du domaine de l'hydraulique et de la résistance des matériaux.

Comment pourrons-nous résoudre la question dans le cas des tables numériques? Nous donnerons à n successivement des valeurs déterminées, par exemple : 0, 1, 2,... , — 1, — 2,... et *pour chacune de ces valeurs de* n,

nous dresserons une table à double entrée, l'une des entrées correspondant aux valeurs de p, l'autre aux valeurs de q, et les colonnes renfermant les valeurs des racines demandées. En supposant qu'il suffise d'une feuille pour chacune de ces tables à double entrée, il faudra autant de ces feuilles qu'on aura considéré de valeurs de n. Comment, en outre, faire l'interpolation par rapport à n, pour les valeurs de ce coefficient intermédiaires entre celles qui auront servi à numéroter les feuillets successifs? Enfin, il faut remarquer que, pour certaines valeurs des coefficients, l'équation aura trois racines réelles. Ce sont donc des groupes de trois résultats qu'il y aura à inscrire dans les colonnes destinées à recevoir ceux-ci. Il est inutile d'insister sur l'incommodité d'une telle disposition.

Mais ce n'est pas tout encore. Pour chaque état des coefficients de l'équation, le calcul des racines ne saurait s'effectuer directement. En d'autres termes, on ne peut, par une suite d'opérations arithmétiques effectuées sur les valeurs de n, p et q, obtenir les valeurs de z qui satisfont à l'équation. Pour employer le langage mathématique, on ne connaît pas l'expression explicite des racines en fonction de n, p, q. Le calcul de ces racines ne peut dès lors s'effectuer que par une méthode indirecte, telle que celle qui est fondée sur l'emploi des fonctions trigonométriques. Les personnes tant soit peu familiarisées avec les mathématiques peuvent se rendre compte de la somme énorme de temps qu'exigerait un tel labeur pour peu que les limites entre lesquelles on ferait varier les trois coefficients fussent assez écartées.

Eh bien, la Nomographie fournit pour la même question une solution d'une étonnante simplicité sur laquelle j'aurai à revenir plus loin. Il me suffira, pour le moment, de dire que l'abaque équivalent à la collection de tables dont je viens de parler (1) tient tout entier sur une simple

(1) Cet abaque a fourni la Pl. VIII de mon livre cité plus loin.

feuille ; à chacune des quantités z, n, p, q, correspond sur cet abaque une série d'éléments géométriques cotés (des points pour p et q, des courbes pour n, des droites pour z), et il suffit de placer convenablement une règle sur cet abaque, ou d'y tendre un fil, pour avoir, par une simple lecture, les résultats cherchés.

L'exemple qui précède met, je crois, bien en évidence le genre d'avantage que présente un abaque sur un barème. Il fait ressortir, en outre, ce fait que l'abaque se prête aussi bien à la représentation d'une formule contenant l'inconnue sous forme implicite qu'à celle d'une formule la donnant sous forme explicite.

Il faut enfin remarquer que du barème à l'abaque il n'y a pas seulement la différence du mode d'inscription des résultats, numérique dans un cas, graphique dans l'autre. La détermination même de ceux-ci se trouve, dans le second cas, dériver de la construction des lignes tracées sur l'abaque. Cette idée sera rendue plus nette par la suite.

Il me reste à faire connaître les principes fondamentaux sur lesquels repose la construction des abaques. Ne m'adressant pas ici à un auditoire spécialement mathématique, je m'efforcerai d'y parvenir sans avoir recours à des notions sortant du cercle des connaissances les plus élémentaires, et faisant partie, pour ainsi dire, du domaine commun à tous les gens éclairés. Je m'excuse donc d'avance auprès des personnes habituées au langage de l'algèbre et de la géométrie de ce que mes explications pourront avoir à leurs yeux de terre-à-terre et aussi de vague et d'indéterminé, et je les renvoie à l'exposé contenu dans mon livre, qui sera de nature à les mieux satisfaire (1). J'espère toutefois, question de forme mise à part, que ce coup d'œil d'ensemble jeté sur le sujet ne

(1) *Nomographie. Les calculs usuels effectués au moyen des abaques.* 1 vol. in-8° de 96 pp. (Paris, Gauthier-Villars 1891). M. Mansion a fait un compte rendu de cet ouvrage dans la *Revue des quest. scient*, oct. 1891, p. 605.

leur sera pas tout à fait inutile, en leur permettant de se mieux reconnaître ensuite au milieu de l'enchaînement des idées qui se présentera à elles quand elles feront de la nomographie une étude de détail.

IV

LES ABAQUES A DOUBLE ENTRÉE.

L'idée mère des abaques se confond avec celle des tables à double entrée ou, plus spécialement, pour prendre un exemple familier à tout le monde, avec celle de la table de Pythagore.

Supposons, en effet, qu'une certaine quantité soit déterminée par le moyen d'une formule donnée, lorsqu'on en connaît deux autres.

Ce sera, si vous le voulez, la pression d'une certaine masse de gaz, en fonction de son volume et de sa température. Nous cherchons, pour toutes les valeurs tant du volume que de la température, se succédant à des intervalles choisis d'avance entre des limites que nous nous serons fixées, à enregistrer la valeur correspondante de la pression.

Supposons un instant que nous ayons successivement calculé cette valeur de la pression pour tous les états considérés du volume respectivement combinés avec tous ceux de la température. Cette opération n'aura pas à être réellement effectuée, puisque la construction de l'abaque aura précisément pour effet de nous en affranchir, au moins en grande partie ; je ne la fais intervenir ici que pour la facilité de mes explications. Comment allons-nous pouvoir cataloguer toutes ces valeurs calculées ? De la manière bien simple qui suit et qui se présente tout naturellement à l'esprit lorsqu'on reporte sa pensée sur la table de Pythagore.

Nous prendrons une feuille de papier quadrillé telle qu'il s'en trouve dans le commerce, et (en supposant cette feuille placée verticalement pour simplifier le langage) nous inscrirons respectivement les valeurs successives du volume et de la température sur le bord horizontal inférieur et sur le bord vertical de gauche de ce quadrillage. Si, par exemple, nous avons pris les valeurs du volume de centimètre cube en centimètre cube, et celles de la température de degré en degré, nous supposerons que chaque division du bord horizontal corresponde à un centimètre cube, et chaque division du bord vertical à un degré.

Ayant ainsi construit l'échelle des volumes et l'échelle des températures, nous prendrons pour une valeur V du volume et une valeur T de la température, le point de rencontre de la verticale (qui se trouve toute tracée dans le quadrillage) passant par le point coté V sur l'échelle des volumes et de l'horizontale passant par le point coté T de l'échelle des températures, et nous inscrirons à côté de ce point la valeur P correspondante de la pression donnée par la formule pour ces valeurs de V et de T.

Si, après avoir effectué cette opération pour tout l'ensemble des valeurs considérées de V et de T, nous jetons les yeux sur le tableau, nous nous apercevons que les valeurs inscrites de P ne sont pas distribuées au hasard. Elles se succèdent au contraire suivant un ordre méthodique, et l'on remarque bien vite qu'il existe sur le tableau des lignes telles que toutes les valeurs de P situées sur l'une d'entre elles sont les mêmes et que ces lignes elles-mêmes se succèdent suivant un ordre régulier. On peut dès lors construire ces lignes, de même que sur un plan de sondage on détermine les lignes unissant les points de même profondeur (1), ou courbes de niveau ; et

(1) Je veux indiquer par là que chacune de ces lignes est déterminée non seulement par le fait qu'elle doit passer par les points où P a une valeur donnée, mais encore par ce fait qu'elle doit laisser de par et d'autre de son

lorsque ce tracé est effectué, on voit qu'il est inutile de laisser subsister toutes les cotes relatives à P qu'on avait d'abord inscrites sur le tableau : il suffit de conserver, à côté de chacune des courbes tracées, la valeur de P commune à tous les points de cette courbe (fig. 1). Lorsque la verticale cotée V et l'horizontale cotée T se couperont sur cette courbe cotée P, on saura que cette valeur de P est celle qui convient à leur point de rencontre, c'est-à-dire celle qui est donnée par la formule pour ces valeurs parti-

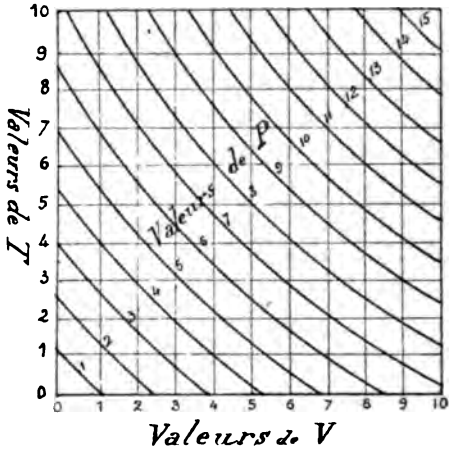


Fig. 1. — Disposition d'un abaque à double entrée ordinaire.

culières de V et de T. Par exemple, sur la fig. 1, pour V = 2 et T = 7, on aura P = 7 (1).

L'ensemble de ces trois systèmes de lignes : 1° les verti-

tracé les points où P a une valeur s'écartant peu de la valeur donnée, soit dans un sens, soit dans l'autre. Par exemple, sur la fig. 1, si, avant le tracé des courbes P, on avait pour (V = 4, T = 6) et pour (V = 5, T = 5) la cote P = 8, pour (V = 2, T = 9) et pour (V = 9, T = 2) on avait des cotes P légèrement supérieures à 8, pour (V = 3, T = 7) et pour (V = 6, T = 4) des cotes légèrement inférieures à 8.

(1) Cette fig. 1 est purement schématique. On ne s'est point astreint à y traduire en courbes les lois connues de la physique.

cales correspondant aux valeurs de V, 2° les horizontales correspondant aux valeurs de T, 3° les courbes correspondant aux valeurs de P, constitue un *abaque* de la formule faisant connaître P lorsque V et T sont donnés.

Ces lignes des trois systèmes sont dites respectivement des *isoplèthes* pour les quantités V, T et P. Ainsi, les courbes le long desquelles P conserve la même valeur sont les isoplèthes de P, de même que les verticales sont les isoplèthes de V et les horizontales les isoplèthes de T.

Tout ce qui précède tient en quelques mots et prend une forme bien plus précise lorsqu'on l'exprime dans le langage de la géométrie analytique ; je tiens à le répéter pour ne pas encourir de la part de ceux de mes auditeurs qui ont l'habitude des spéculations mathématiques le reproche de me lancer en des dissertations inutiles ; mais, j'espère que cette façon de présenter les choses permettra aux personnes les plus étrangères à ce genre d'étude de se faire au moins une idée du sujet.

Pour donner une base en quelque sorte expérimentale et tangible à la notion des isoplèthes P, j'ai suivi une marche autre que celle qui conduit, dans la pratique, à la construction de ces courbes. En réalité voici comment on opère : Que l'on donne à P, dans la formule, une certaine valeur fixe ; on pourra dès lors, en attribuant successivement à V diverses valeurs, calculer au moyen de cette formule les valeurs correspondantes de T. On obtiendra ainsi des couples de valeurs de V et de T pour lesquels P aura la valeur fixe qu'on s'est donnée. Les points déterminés respectivement dans le quadrillage par ces couples de valeurs de V et de T appartiendront à l'isoplèthe repondant à la valeur de P considérée. Dans la plupart des cas de la pratique, trois ou quatre points suffisent à donner l'allure de la courbe, dont le tracé s'achève ensuite soit au pistolet, soit à la règle flexible. Il aura, par suite, suffi de repeter trois ou quatre fois le calcul de T pour des valeurs diverses de V, P ayant une valeur fixe, pour

obtenir une ligne, c'est-à-dire une suite continue de points, pour laquelle P conserve cette valeur.

Supposons que, sur notre tableau, les graduations de V et de T s'étendent de 0 à 10 et que les écarts de P nous conduisent à tracer 15 isoplèthes pour cette quantité. L'établissement de la table primitive aura exigé que le calcul de la formule ait été répété 100 fois, tandis que si nous supposons qu'il faille, en moyenne, 4 points pour déterminer chacune des isoplèthes de P, nous n'aurons pour la construction de l'abaque qu'à effectuer 60 fois le calcul de la formule. Je n'ai pris cet exemple théorique que pour fixer l'attention de mon auditoire sur ce point; l'économie de temps réalisée dans les cas de la pratique sera presque toujours de beaucoup supérieure à ce taux-là.

Il peut se faire, une fois que l'abaque est construit, que le point de rencontre de l'horizontale et de la verticale correspondant aux valeurs choisies de T et de V ne tombe pas sur une des isoplèthes de P effectivement tracées, mais entre deux de ces courbes. La valeur de P correspondante est alors intermédiaire entre les cotes de ces deux isoplèthes, et, suivant que le point obtenu se rapproche davantage de l'une ou de l'autre, on ajoute à la plus petite des deux cotes une fraction plus ou moins grande de l'écart qu'elles présentent. Cette interpolation à l'estime se fait ainsi beaucoup plus aisément sur un abaque que sur un barème. Il suffit d'adopter entre les cotes des isoplèthes successives un écart tel que la fraction de cet écart que l'œil peut apprécier sans difficulté soit d'un ordre de grandeur correspondant au degré d'approximation que l'on veut obtenir.

Il faut enfin remarquer que l'abaque ainsi construit permet non seulement de connaître P lorsque V et T sont donnés, mais encore de déterminer l'une de ces deux dernières quantités lorsqu'on se donne l'autre ainsi que P. Il suffit toujours de lire la cote de l'isoplèthe corres-

pondant à l'inconnue qui passe par les points de rencontre des isoplèthes cotées au moyen des valeurs des données. Par exemple, si V est l'inconnue, on n'a qu'à lire la cote de la verticale passant par le point de rencontre de l'horizontale cotée T et de la courbe cotée P.

V

LE PRINCIPE DE L'ANAMORPHOSE (M. LALANNE).

Le genre d'abaque dont il vient d'être question convient à toutes les formules qui déterminent une quantité inconnue au moyen de deux autres qui sont données. Nous allons voir maintenant que lorsque ces formules rentrent dans certains types généraux, on peut modifier la construction de l'abaque en vue d'une bien plus grande simplification.

Je vais supposer, pour expliquer l'idée de principe que j'ai en vue, sans recourir à l'usage des mathématiques, que l'abaque d'une formule à deux variables indépendantes ait été construit, suivant le mode précédemment indiqué, sur un plan extensible, tel, par exemple, qu'une feuille de caoutchouc.

Si nous donnons à toutes les parties de ce plan des dilatations égales à la fois dans le sens horizontal et dans le sens vertical, nous allons l'agrandir en conservant au tableau qui y est dessiné la même disposition. Ses dimensions seront devenues doubles, triples,... des primitives, mais sa configuration n'aura pas varié. Nous aurons toujours un quadrillage régulier, à mailles doubles, triples, ... des précédentes, qui sera encore recoupé aux mêmes points par des courbes rigoureusement semblables à celles de tout à l'heure, mais construites à une échelle double, triple, etc.

Donnons maintenant à notre plan des dilatations

horizontales et verticales telles que tous les déplacements horizontaux des points d'une même verticale soient égaux, et que tous les déplacements verticaux des points d'une même horizontale soient aussi égaux, mais que ces déplacements varient d'amplitude respectivement d'une verticale à la suivante ou d'une horizontale à la suivante. Cette fois, non seulement le tableau changera de dimensions, mais encore il se sera déformé ; dans certaines parties, les verticales, ou les horizontales, d'abord régulièrement espacées, se seront éloignées ; dans d'autres, elles se seront rapprochées. Les deux premiers systèmes d'isoplèthes seront bien encore des verticales et des horizon-

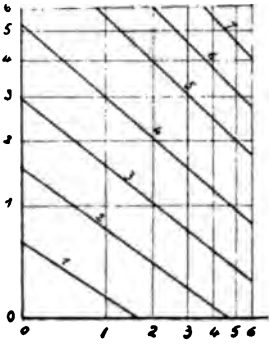


Fig. 2. — Disposition d'un abaque à droites isoplèthes obtenu par application du principe de l'anamorphose.

tales, mais formant maintenant un quadrillage irrégulier au lieu du quadrillage régulier de tout à l'heure. On voit dès lors que les courbes constituant le troisième système d'isoplèthes, au lieu de rester semblables à elles-mêmes comme précédemment, auront cette fois changé de forme, et l'on conçoit que, pour certains types de formules, que nous laissons à l'analyse mathématique le soin de déterminer, ces dilatations irrégulières puissent être choisies de telle sorte qu'après déformation les courbes isoplèthes du premier tableau soient toutes devenues des droites (fig. 2).

Tel est, exposé en langage ordinaire, le *principe de l'anamorphose* imaginé par M. Lalanne et appliqué pour la première fois par lui, vers 1840, dans la construction des abaques pour le calcul des déblais et des remblais, auxquels j'ai fait précédemment allusion.

Il est bien entendu que l'analyse mathématique permet non seulement de déterminer le caractère des formules auxquelles cet artifice est applicable, mais encore d'établir *à priori* le quadrillage irrégulier qui provenait précédemment de la déformation du quadrillage régulier, et grâce à l'emploi duquel toutes les isoplèthes du troisième système sont rectilignes.

VI

L'ANAMORPHOSE GÉNÉRALISÉE (M. MASSAU).

Le principe de M. Lalanne s'applique à un très grand nombre de formules se rencontrant dans la pratique. Mais il est susceptible d'une généralisation qui permet d'obtenir le même genre de simplification dans la construction d'abaques de formules ne répondant pas au caractère requis pour son application directe. C'est à M. Massau que revient l'honneur d'avoir signalé cette extension du principe de l'anamorphose.

Pour bien comprendre en quoi elle consiste, revenons à notre feuille extensible de tout à l'heure. Supposons donc qu'il nous soit impossible, par des dilatations telles que celles que nous avons précédemment envisagées, c'est-à-dire uniformes suivant les lignes parallèles aux bords du tableau, mais variables de l'une à l'autre de ces lignes, de transformer en lignes droites les courbes constituant les isoplèthes du troisième système sur le tableau primitif. Recourons alors à une déformation plus complète, en faisant non seulement varier de position les isoplèthes paral-

lèles aux deux bords du cadre, mais en les faisant encore varier de direction et cela de quantités inégales de l'une à l'autre. Les droites qui formaient primitivement le quadrillage régulier, en s'inclinant diversement, ne vont même plus, comme dans le cas précédent, former un quadrillage irrégulier. Elles vont découper le plan en quadrilatères quelconques. La déformation du troisième système d'isoplèthes est alors, on le voit, beaucoup plus profonde, et tel type d'abaque, sur lequel l'anamorphose de M. Lalanne

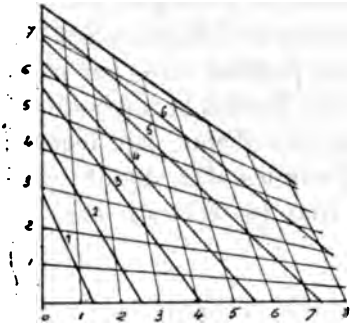


Fig. 3. — Disposition d'un abaque obtenu au moyen d'une anamorphose généralisée.

était impuissante à transformer ces isoplèthes en lignes droites, pourra bénéficier de cette simplification grâce à l'anamorphose généralisée dont je viens de parler, et qui est celle de M. Massau (fig. 3).

Ici encore, bien entendu, l'analyse permettra de déterminer *à priori* le caractère des formules auxquelles l'artifice est applicable et, lorsque ce caractère sera rempli, de construire directement l'abaque à isoplèthes rectilignes correspondant.

On voit que le principe de l'anamorphose, pris, si l'on veut, sous sa forme la plus générale, en substituant à l'abaque donné par la méthode ordinaire, sur lequel certaines courbes devraient être tracées, un abaque sur lequel

il n'y aura que des droites, permettra dans un grand nombre de cas de réaliser dans la construction de cet abaque une sérieuse économie de temps. Il suffira, en effet, de deux points pour déterminer chacune des droites de l'abaque, parfois même d'un seul, lorsque, comme cela a lieu souvent, toutes les isoplèthes de chacun des trois systèmes sont respectivement parallèles à une même direction.

En dehors de la droite, il est une autre ligne qui est, dans la pratique, d'un usage aussi commode : c'est le cercle. Je me contenterai d'indiquer que certaines formules auxquelles le principe de l'anamorphose ci-dessus indiqué n'est pas applicable peuvent être, par une autre déformation de l'abaque que fournit la méthode ordinaire, représentées au moyen d'un abaque sur lequel ne figurent que des droites et des cercles. J'en donne un exemple remarquable dans mon livre (§ 16 et Pl. IV).

VII

DESIDERATA A RÉALISER DANS L'ÉTABLISSEMENT DES ABAQUES.

Les divers artifices que je viens d'indiquer tendent à simplifier la construction des abaques, non à modifier leur emploi. Que l'abaque ne porte que des droites ou qu'il porte à la fois des droites et d'autres courbes, la manière de s'en servir est toujours la même : on a sur un tableau trois systèmes de lignes isoplèthes ; dans l'un de ces systèmes on prend la ligne ayant pour cote la valeur de la donnée correspondante, dans un autre la ligne ayant pour cote la seconde donnée, et on lit la cote de la ligne du troisième système passant par le point de rencontre des deux premières ; cette cote est précisément la valeur de l'inconnue cherchée.

Or, l'entre-croisement de ces trois systèmes de lignes isoplèthes offre parfois à l'œil quelque confusion et fatigue un peu la vue. Il faut suivre avec soin chacune des trois lignes convergentes dont il vient d'être question, pour aller lire sa cote, et lorsque les isoplèthes d'un même système sont très rapprochées ou se coupent d'un système à l'autre sous des angles assez petits, on peut être exposé à des erreurs. Enfin, l'interpolation à l'estime exige une attention assez méticuleuse, précisément en raison de ce qu'on doit généralement aller chercher les cotes à quelque distance du point où se recoupent les isoplèthes non tracées que la pensée intercale entre celles qui le sont.

A la vérité, ces inconvénients ne sont pas bien sérieux, et il ne faudrait pas s'en exagérer la portée. Il suffit d'une très petite habitude pour n'avoir pas à les redouter. Il y a pourtant intérêt à s'en affranchir chaque fois que faire se peut.

Voici, d'autre part, une considération plus grave : tous les abaques que nous avons envisagés jusqu'ici sont relatifs à des formules à deux variables indépendantes, c'est-à-dire équivalents à des tables à double entrée. Seraient-ils, sans modification, susceptibles de se prêter à un plus grand nombre d'entrées? Nous allons voir que non.

Prenons, en effet, une formule donnant une certaine quantité en fonction de trois autres prises pour variables indépendantes x, y, z. Si nous donnons à l'une de celles-ci, z, par exemple, une certaine valeur fixe, nous sommes réduits à une formule à deux entrées, x et y, dont nous pouvons construire l'abaque ainsi qu'il a été dit précédemment. Pour chaque valeur attribuée à z nous aurons un abaque analogue. La superposition de ces divers abaques produirait un tel enchevêtrement qu'elle serait matériellement irréalisable. On devrait donc se résigner à former un atlas de tous ces abaques répondant aux valeurs successives de z, et on retomberait ainsi sur l'inconvénient déjà signalé pour les tables à double entrée.

On pourra, il est vrai, tourner la difficulté dans certains cas. Si, par exemple, d'un abaque à l'autre de la série il n'y a de différence que dans la position de l'un des systèmes d'isoplèthes, on pourra dessiner celui-ci sur un transparent qu'on appliquera sur le plan où seront figurés les deux autres en même temps que certains indices propres à permettre de placer, dans chaque cas, le transparent dans la position correspondant à la valeur choisie pour la troisième variable indépendante. M. Massau, notamment, a rencontré des exemples d'application de ce principe, mais l'usage qu'on en peut faire est assez limité.

Sans donc méconnaître la valeur des méthodes précédentes, on peut se rendre compte, par ce qui vient d'être dit, de l'intérêt qu'il y a à posséder d'autres méthodes affranchies des petits inconvénients de détail qui viennent d'être signalés pour les abaques à trois systèmes d'isoplèthes réellement tracées, et susceptibles en outre de généralisation sur une vaste échelle pour des formules à plus de deux entrées. C'est à ces divers *desiderata* que répondent la méthode de M. Lallemand ainsi que celle que j'ai imaginée pour ma part. Je vais, en m'efforçant d'être aussi bref que possible, en esquisser maintenant les traits généraux sans entrer dans aucun détail d'ordre purement mathématique.

VIII

LES ABAQUES HEXAGONAUX (M. LALLEMAND).

Le point de départ de la méthode de M. Lallemand, dite des *abaques hexagonaux*, — on en verra plus loin la raison, — est le suivant :

Considérons une équation représentable par trois systèmes d'isoplèthes rectilignes, parallèles entre elles dans chaque système, et supposons les cotes de chacun de ces systèmes de droites inscrites sur une échelle perpendi-

culaire à leur direction. L'ensemble de ces trois échelles suffit à déterminer complètement l'abaque, puisque l'isoplèthe correspondant à un point quelconque d'une de ces échelles est la perpendiculaire élevée à cette échelle par ce point.

Posons alors sur notre abaque un transparent et traçons à la surface de celui-ci trois axes issus d'un même point et respectivement perpendiculaires aux trois échelles. Cela fait, si nous donnons à ce transparent des déplacements quelconques, pourvu que nous lui conservions *la même orientation,* nous voyons que ses trois axes coïncideront toujours avec trois isoplèthes correspondantes prises respectivement dans chacun des systèmes et ayant pour cotes celles qui sont inscrites sur les échelles aux points où celles-ci sont rencontrées par les axes en question.

Il est, par suite, inutile de conserver les isoplèthes tracées sur l'abaque; effaçons-les, et ne conservons que les échelles graduées correspondantes (fig. 4). Nous voyons que le mode d'emploi de l'abaque sera alors le suivant : le transparent étant orienté de façon que ses trois axes soient perpendiculaires aux trois échelles de l'abaque, déplaçons-le de façon que les deux axes perpendiculaires aux échelles des données passent par les points de ces échelles ayant pour cotes les valeurs de ces données ; le troisième axe coupe alors la troisième échelle en un point dont la cote fait connaître la valeur de l'inconnue. Par exemple, sur la figure 4, pour $A = 10$ et $B = 10$, on a $C = 34$.

Vous voyez que les inconvénients signalés tout à l'heure ont ainsi disparu : plus d'enchevêtrement d'isoplèthes, puisque celles-ci ont disparu et qu'il ne reste que trois simples échelles ; plus de crainte d'erreur dans la lecture des cotes, puisque celles-ci sont données par les axes mêmes du transparent sur les échelles correspondantes ; enfin, bien plus grande facilité d'interpolation à l'estime, celle-ci se faisant sur l'échelle même pour chacune des

variables sans qu'il y ait besoin, comme précédemment, de se figurer par la pensée des isoplèthes non tracées, intercalées entre celles figurant sur l'abaque.

Mais ce ne sont pas là les seuls avantages de cet artifice. On voit, en effet, que chaque échelle peut, sans inconvénient, être déplacée suivant la direction de l'axe correspondant du transparent. On peut également couper les échelles en trois points se correspondant sous les axes de l'indicateur et reporter les fragments limités à ces trois

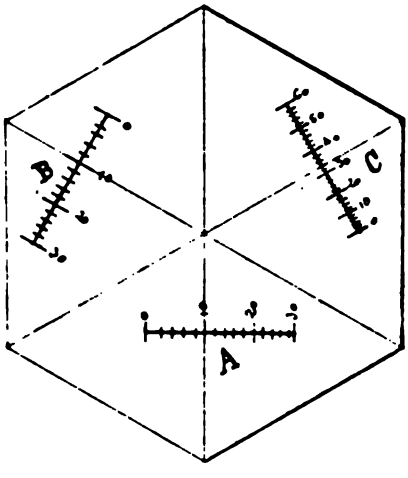


Fig. 4. — Disposition d'un abaque hexagonal à échelles linéaires.

points dans une autre position en conservant seulement leurs directions primitives et faisant en sorte que leurs origines se trouvent toujours simultanément sous les axes de l'indicateur. Cette faculté de fractionner et de déplacer les échelles est précieuse pour permettre de réduire les dimensions d'un abaque donné.

Quant à l'orientation fixe de l'indicateur, elle s'obtient au moyen de traits marqués sur l'abaque et donnant la direction que doit avoir l'un des axes de l'indicateur. Si

cet indicateur offre une certaine consistance, par exemple s'il est fait en celluloïde, et s'il présente des bords parallèles aux axes qui y sont tracés, on n'a, après avoir mis un de ses axes en coïncidence avec un des traits de direction dont il vient d'être parlé, qu'à lui imprimer des déplacements guidés par une règle le long de laquelle on le fait glisser, ainsi qu'une équerre ordinaire, pour l'amener dans la position voulue. On peut aussi, si les traits de direction sont suffisamment rapprochés, assurer à simple vue l'orientation de l'indicateur.

En pratique, les trois échelles sont disposées de manière à faire entre elles des angles de 60°. La raison de cette disposition, d'ordre purement mathématique, a pour but de faciliter la graduation des échelles ; je n'y insisterai pas ici. Je ferai seulement remarquer que, dans ce cas, le transparent affecte la forme d'un hexagone régulier et que les axes sont les diagonales de celui-ci. De là le nom d'*abaques hexagonaux*, adopté par M. Lallemand.

Il me reste à faire voir comment la méthode des abaques hexagonaux se prête à la représentation graphique de certaines formules à plus de deux entrées.

Supposons que nous accolions à chacune des échelles d'un abaque hexagonal un cadre renfermant deux systèmes d'isoplèthes cotées (fig. 5). Nous donnerons à un tel cadre le nom d'*échelle binaire*. La position de chaque axe du transparent, qui était tout à l'heure liée à une seule cote, celle du point où cet axe coupait l'échelle correspondante, va maintenant l'être à deux cotes. Il faudra, en effet, pour déterminer un point de cet axe à l'intérieur de l'échelle binaire correspondante, connaître les cotes des deux isoplèthes, une de chaque système, qui se croisent en ce point. On établira donc dans ce cas, par le fait de l'application du transparent sur l'abaque, une liaison non plus entre trois, mais entre six variables ; on aura, en d'autres termes, la représentation d'une formule à cinq entrées.

Deux des données détermineront un point dans une des échelles binaires, deux autres un autre point dans une seconde échelle ; on fera respectivement passer deux des axes de l'indicateur par ces points ; le troisième axe ira couper, dans la troisième échelle binaire, l'isoplèthe correspondant à la cinquième donnée, en un certain point. La cote de l'isoplèthe du second système passant en ce point fera connaître la valeur de l'inconnue. Par exemple, sur la fig. 5, pour A = 25, A' = 40, B = 18, B' = 30, C = 40, on a C' = 30.

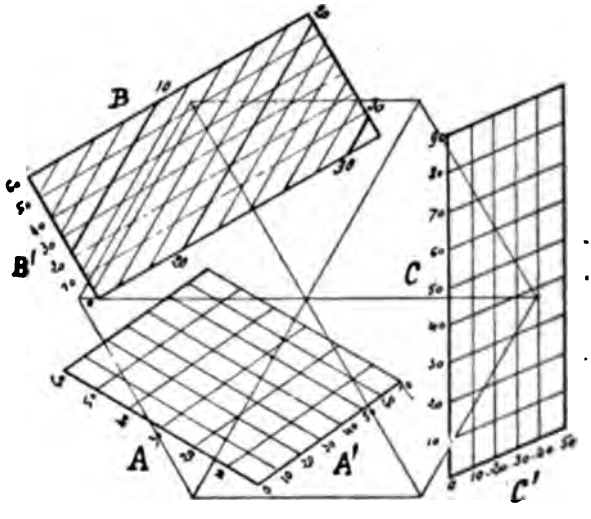


Fig. 5. — Disposition d'un abaque hexagonal à échelles binaires.

Nous avons supposé que nous remplacions les trois échelles linéaires de l'abaque hexagonal primitif par trois échelles binaires, mais cette substitution aurait aussi bien pu n'être faite que pour deux ou même que pour une échelle. Nous aurions eu ainsi la représentation de formules à quatre ou à trois entrées.

Mais la généralisation peut être encore poussée plus

loin. On conçoit, en effet, que la troisième échelle binaire sur laquelle nous avons précédemment lu le résultat soit prise à son tour comme première échelle d'un second abaque hexagonal qui pourra être dessiné sur la même feuille que le premier. En répétant plusieurs fois cette opération, on pourra multiplier les entrées de la formule à représenter.

Cette indication, pour un peu vague qu'elle soit, suffira, je pense, à vous faire pressentir tout le parti qu'on peut tirer de la méthode de M. Lallemand, dont on ne saurait d'ailleurs, de même que pour les précédentes, acquérir la pleine compréhension que lorsqu'elle est présentée sous une forme purement mathématique.

Cette méthode suppose, ainsi que nous l'avons vu, la répartition des diverses variables figurant dans la formule, en groupes de deux. Une telle séparation n'est pas toujours possible, mais elle est extrêmement fréquente dans les cas de la pratique. Aussi la méthode des abaques hexagonaux est-elle féconde en applications. M. Lallemand, qui dirige le service du Nivellement général de la France, a eu notamment occasion de l'utiliser dans une très large mesure pour les besoins de ce service, où elle a permis de réduire à une besogne insignifiante l'exécution des nombreux calculs qui doivent s'y effectuer journellement et qui absorbaient auparavant tout le temps de certains employés.

IX

LES ABAQUES A POINTS ISOPLÈTHES (M. D'OCAGNE).

L'artifice de l'indicateur transparent hexagonal ne saurait être généralisé lorsqu'il ne s'agit plus d'un abaque à trois systèmes d'isoplèthes rectilignes *parallèles*, mais d'un abaque à trois systèmes d'isoplèthes rectilignes *quelconques*, attendu que les angles faits entre eux par les

axes de l'indicateur transparent devraient varier lorsqu'on le ferait passer d'une position à une autre.

La méthode de M. Lallemand, susceptible de la vaste généralisation que je viens de signaler en ce qui concerne la multiplicité des entrées introduites, ne se prête donc pas à une extension au cas des droites isoplèthes quelconques. Il est pourtant plus désirable encore, dans ce cas, de réaliser les avantages assurés par les abaques hexagonaux pour le cas des droites isoplèthes parallèles.

Ce *desideratum* se trouve comblé par la *méthode des points isoplèthes*, que j'ai fait connaître en 1884 et que je vais essayer d'esquisser en quelques mots.

La géométrie nous apprend qu'on peut, de diverses manières, étant donnée une certaine figure, en construire une autre telle qu'à toute droite de la première corresponde un point dans la seconde, telle en outre que si plusieurs droites de la première se coupent en un même point, les points correspondants à ces droites dans la seconde soient distribués sur une même droite.

Deux figures se correspondant suivant un tel mode sont dites *corrélatives*.

Prenons dès lors un abaque à trois systèmes d'isoplèthes rectilignes et considérons sa figure corrélative en affectant les points obtenus des mêmes cotes que les droites correspondantes. A chaque système d'isoplèthes rectilignes, va correspondre une suite de points distribués sur une certaine ligne. Au lieu donc de ces trois systèmes de droites s'enchevêtrant les uns dans les autres, nous n'aurons que trois échelles, droites ou courbes, parfaitement distinctes les unes des autres (fig. 6).

Sur le premier abaque, les isoplèthes répondant aux données et celle répondant à l'inconnue concouraient en un même point. Les points correspondants sur le second abaque seront donc, par définition même, en ligne droite, et on voit à quoi se réduira le mode d'emploi de l'abaque : joindre par une droite les points ayant pour cotes les

valeurs des données sur les échelles correspondantes et lire la cote du point où cette droite vient couper la troisième échelle. Ainsi, sur la fig. 6, pour A = 4, 8, B = 7,9, on a C = 10, 5.

Outre que ce mode d'emploi est des plus simples, car il n'exige que l'application sur l'abaque soit d'un trait fin marqué sur un transparent soit d'un fil tendu, il présente

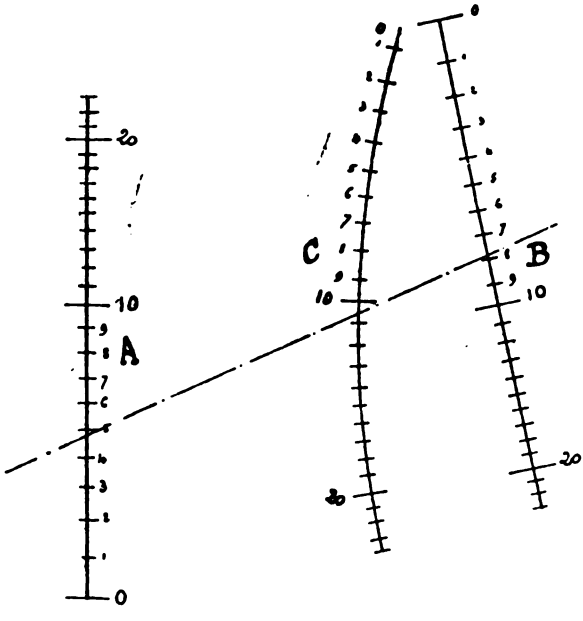


Fig. 6. — Disposition d'un abaque à points isoplèthes.

tous les avantages précédemment énumérés relativement à la netteté de la lecture, à l'impossibilité de commettre des erreurs et à la facilité de l'interpolation, celle-ci se faisant non dans l'intervalle de deux courbes, mais entre deux points de division consécutifs d'une échelle graduée. Il permet, en outre, lorsque, pour une valeur fixe attribuée à une des données, on désire connaître les valeurs

de l'inconnue répondant à une série de valeurs de la seconde donnée, ce qui est un cas fréquent dans la pratique, d'avoir immédiatement tous ces résultats en faisant simplement pivoter la droite indicatrice autour du point correspondant à la donnée fixe.

Il était toutefois nécessaire, pour la réalisation pratique de cette idée de principe, d'adopter un genre de corrélation aussi simple que possible. Ce genre de corrélation m'a été fourni tout naturellement par la considération de

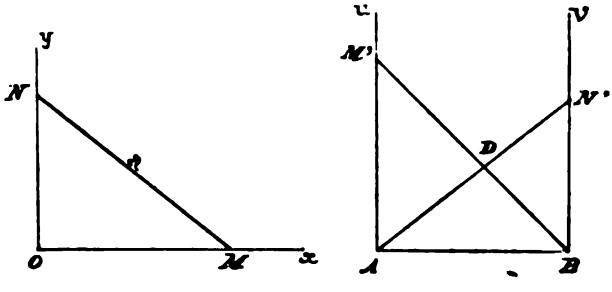


Fig. 7.

certaines coordonnées dites *parallèles* à l'étude desquelles je m'étais spécialement attaché (1).

Il peut se définir dans un langage géométrique tellement simple que je crois pouvoir l'indiquer ici (fig. 7).

On choisit sur le premier abaque deux axes rectangulaires quelconques Ox et Oy, et sur le second deux axes parallèles Au et Bv. Si une droite a, du premier abaque, coupe Ox en M et Oy en N, on porte, en tenant compte du signe, sur Au le segment AM' égal à OM et sur Bv le segment BN' égal à ON. Le point de rencontre D des

(1) *Coordonnées parallèles et axiales* (Paris, Gauthier-Villars, 1885). Les coordonnées parallèles ont fait également l'objet de recherches de la part du Dr Karl Schwering dont les premiers essais dans cette voie ont précédé mes recherches. Toutefois l'idée même des coordonnées parallèles appartient à Chasles (*Correspondance de Quetelet*, t. VI, p. 81).

droites BM′ et AN′ est, sur le second abaque, le corrélatif de la droite *a*.

On peut, par ce moyen, *traduire* en quelque sorte un abaque donné en droites isoplèthes pour avoir l'abaque correspondant en points isoplèthes. J'ai eu occasion de faire effectuer cette opération un certain nombre de fois pour des abaques déjà construits, et j'ai pu me rendre compte chaque fois de la supériorité, *au point de vue pratique*, du second abaque sur le premier. Mais il n'est nullement nécessaire, lorsqu'on a reconnu qu'une formule peut donner lieu à un abaque à droites isoplèthes, de construire d'abord celui-ci pour le transformer ensuite en abaque à points isoplèthes. Ce dernier peut être obtenu directement par un procédé fort simple que j'ai donné dans mon livre, mais que je me contente de mentionner ici, attendu qu'il appartient à la catégorie des considérations d'ordre purement mathématique que je me suis efforcé de bannir de cette conférence.

Quant à l'introduction d'une troisième entrée qui, dans le cas des abaques à droites isoplèthes, et lorsqu'elle n'influait que sur l'un des trois systèmes, entraînait la nécessité de recourir à un atlas composé d'autant d'abaques à deux entrées que l'on considérait de valeurs différentes pour la troisième donnée, remarquons qu'elle n'a ici d'autre effet que de faire varier l'échelle courbe correspondant au troisième système. Les positions successives de cette échelle, parfaitement distinctes les unes des autres, pourront être représentées sur une même feuille et désignées par la valeur correspondante de la troisième entrée ; en outre, pour n'avoir pas à chiffrer la graduation de chacune de ces échelles, il suffit de tracer les lignes unissant les points ayant même cote sur chacune d'elles et d'affecter ces lignes de cette cote commune (fig. 8).

On obtient ainsi un abaque composé de deux échelles, droites ou courbes, graduées et de deux systèmes de lignes graduées. Pour s'en servir, on n'a qu'à joindre par

une droite les points correspondant aux deux premières données sur les échelles, de prendre le point de rencontre de cette droite avec l'isoplèthe du premier système, correspondant à la valeur de la troisième donnée et de lire la cote de l'isoplèthe du second système passant par ce point. Cette cote fait connaître la valeur de l'inconnue. Par exemple, sur la fig. 8, pour A=5, B=8, D=10, on a C=26. Tels sont les abaques auxquels j'ai donné le nom-

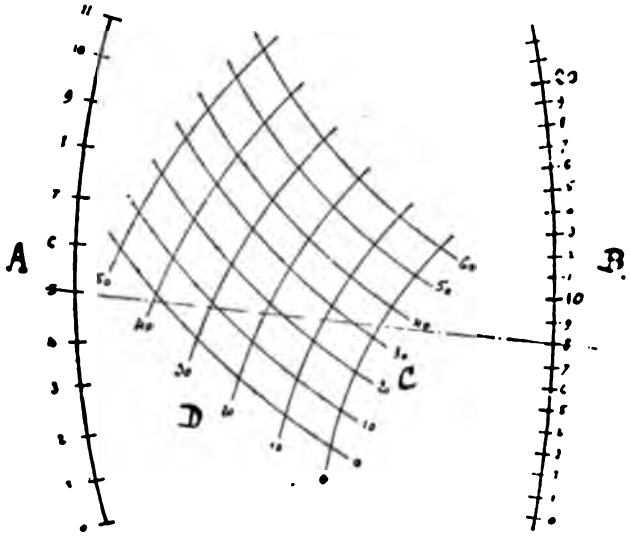


Fig. 8. — Disposition d'un abaque à points doublement isoplèthes.

— qui s'explique par lui-même — d'*abaques à points doublement isoplèthes*.

Est-il besoin de répéter ici encore que, grâce au secours de l'analyse mathématique, on peut aisément faire la détermination directe des diverses courbes qui figurent sur ces abaques?

C'est la méthode en question qui m'a permis notamment

de construire l'abaque de l'équation complète du troisième degré

$$z^3+nz^2+pz+q=0,$$

auquel j'ai fait allusion tout à l'heure.

Sur cet abaque, aux variables p et q correspondent respectivement deux échelles rectilignes parallèles, à la variable n un système de courbes cotées, à la variable z un système de droites cotées parallèles aux deux premières échelles (1). Dès lors, pour des valeurs données de n, p et q, il suffit, pour résoudre l'équation, de tendre une droite entre les points cotés p et q dans les échelles correspondantes et lire les cotes des parallèles à ces échelles passant par les points où cette droite coupe la courbe cotée n.

X

CONCLUSION.

Ici se termine l'exposé de principes que je me proposais de faire. J'ai dû, bien entendu, laisser de côté un grand nombre d'artifices de détail, applicables dans des cas spéciaux, en vue de certaines simplifications, pour ne m'arrêter qu'aux traits généraux, et présenter ainsi la philosophie du sujet.

J'espère être parvenu, tout en faisant ressortir l'intérêt qui s'attache à la notion des abaques et en donnant un aperçu de la façon de s'en servir, à mettre en relief le lien qui rattache à une même idée de principe les différentes catégories d'abaques auxquelles leurs auteurs respectifs étaient parvenus en partant de points de départ tout différents. Je me suis également attaché, tout en laissant systématiquement de côté la théorie purement mathéma-

(1) Cet abaque forme la Pl. VIII de mon livre.

tique, à signaler, chemin faisant, les points principaux pour lesquels cette théorie a à intervenir, de façon à faire au moins pressentir l'objet et l'utilité du corps de doctrine dont, sous le nom de *Nomographie*, j'ai fait, dans mon livre, un exposé à la fois aussi complet et aussi succinct que possible.

La synthèse qui a donné naissance à ce corps de doctrine avait ce double avantage de rendre à peu près intuitifs les divers procédés particuliers de construction d'abaques déjà connus et de permettre de multiplier ceux-ci au fur et à mesure des besoins nouveaux.

Je ferai remarquer à ce propos que l'intérêt qui s'attache à ces constructions d'abaques existe non seulement pour celui qui, en vue des besoins de sa carrière, a fréquemment à recourir à l'emploi d'une certaine formule, mais encore pour celui qui, faisant connaître quelque formule relative à un objet pratique, se propose *à priori* d'en faciliter l'emploi à ceux qui pourront avoir à en faire usage, ne fût-ce que par hasard, en leur fournissant les résultats mêmes auxquels elle conduit pour tous les cas où elle est applicable.

Depuis que la Nomographie a été présentée au public, j'ai eu la très grande satisfaction d'en voir éclore des applications déjà nombreuses dans les branches les plus diverses : navigation, constructions navales, ouvrages métalliques, chemins de fer, finances, etc... J'ai la ferme conviction que c'est là l'origine d'un mouvement qui ne tardera pas à s'accentuer et à s'étendre, et que les hommes techniques, de toute spécialité, auront de plus en plus recours à ces précieux auxiliaires de travail qui s'appellent des abaques. Je m'estimerais fort heureux si j'étais parvenu, par ce que j'ai dit au cours de cette conférence, à faire partager cette conviction à mes auditeurs.

M. D'OCAGNE,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

Fin (1).

II. MÉTHODES ÉLECTRIQUES.

PREMIERS ESSAIS.

Le 26 mars 1852, Bunsen publiait dans les *Annales de Liebig* les résultats que lui avait donnés l'électrolyse du chlorure de magnésium fondu. Au moyen d'une pile de 4 à 6 éléments, il en avait isolé très facilement des masses solides de magnésium du poids de 5 à 7 grammes (2). Cette expérience prépara les voies pour la fabrication industrielle du *métal de l'argile* au moyen de l'électricité.

En 1854, Deville ajouta le chlorure double d'aluminium et de sodium à la liste des chlorures métalliques décomposables par le courant (3). Malgré un grand nombre d'essais variés, ce savant n'avait pu, au moyen de la pile, extraire l'aluminium de ses solutions salines aqueuses. Il essaya alors d'électrolyser un bain, obtenu par fusion ignée

(1) Voir la livraison d'avril 1892, pp. 530 et suiv.

(2) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, LXXXII, 137. — *Annales de Chimie et de Physique*, 1852, [3], XXXVI, p. 107, note de A. Wurtz.

(3) *Comptes rendus*, XXXIX, 325, 535, 771, 901.

vers 200°, de deux parties de chlorure d'aluminium et d'une partie de chlorure de sodium. Ce bain est très fluide et assez fixe à la température indiquée. Deville le chauffait dans un creuset de porcelaine vernie. Une lame de platine servait d'électrode négative; l'électrode positive était un cylindre de charbon placé dans un vase poreux parfaitement sec et rempli de la matière du bain. Le chlorure double n'opposa qu'une faible résistance au courant : deux éléments suffirent même pour amener la décomposition. Il se forma sur la lame de platine une croûte grisâtre d'aluminium mélangé de sel marin. A l'électrode positive il se dégagea du chlore et du chlorure d'aluminium. Pour empêcher celui-ci de se volatiliser en pure perte, Deville ajouta du chlorure de sodium dans le vase poreux. Il se reforma du chlorure double plus fixe, et les fumées diminuèrent.

La poudre métallique, détachée de l'électrode et lavée à l'eau, put être réunie en un seul culot par plusieurs fusions successives dans du chlorure double d'aluminium et de sodium employé comme fondant. Seulement les premières portions du métal réduit étaient cassantes; elles renfermaient le silicium, le soufre, le fer et les impuretés dont les matériaux employés n'avaient pas été suffisamment purgés.

Le nouveau procédé supprimait l'emploi du sodium; mais il restait toujours la préparation forcément coûteuse du chlorure double et la production plus coûteuse encore du courant au moyen de la pile. Ce dernier obstacle était infranchissable jadis. Maintenant que l'on obtient l'électricité à bon compte, M. Faure n'a pas craint de reprendre industriellement l'électrolyse du chlorure double d'aluminium et de sodium dont l'emploi semblait définitivement abandonné. Sa méthode a peu de chances de succès. Elle n'offre du reste rien de saillant au point de vue théorique ou pratique.

A la fin de 1855, Deville remarqua que la silice, l'acide

titanique et plusieurs autres substances se dissolvent bien dans les fluorures alcalins fondus à des températures suffisamment élevées, que le mélange est fluide comme de l'eau et se laisse facilement traverser par le courant électrique. Il soumit à l'électrolyse de la silice dissoute au rouge dans un mélange de fluorures de sodium et de potassium. Du silicium libre apparut au pôle négatif.

L'idée lui vint alors d'essayer de même la décomposition de l'alumine, si réfractaire aux agents chimiques. Il obtint un résultat tout différent.

D'abord, le fluorure double alcalin dissout peu d'alumine. Sous l'influence du fluide électrique, du sodium vient brûler au pôle négatif, du fluor apparaît au pôle positif et l'alumine semble rester inaltérée. Celle-ci résiste donc plus que les fluorures alcalins à l'action de la pile et elle n'est pas réductible par les métaux alcalins qu'isole le courant (1).

Il semblait par suite que la méthode électrique de Deville ne sortirait jamais du domaine des recherches spéculatives. Pourtant elle a été reprise; on a essayé d'autres dissolvants fluorés, utilisé des sources d'énergie plus puissantes, appliqué une technique plus parfaite, et l'on peut assurer à présent que l'avenir de l'industrie de l'aluminium est à l'électrolyse ignée d'un mélange d'alumine et de fluorures.

Dans son *Traité d'électrométallurgie*, M. Ponthière ne cite pas moins de cinquante-deux brevets de différents pays, pris la plupart depuis une dizaine d'années, pour l'extraction de l'aluminium. On sait ce que valent trop souvent les brevets d'invention et ceux qui les délivrent. Quoi qu'il en soit, nous n'aurons à décrire qu'un nombre relativement restreint de procédés, si du moins nous nous bornons à ceux qui ont donné de sérieux résultats et qui sont encore en fonctionnement.

(1) *Comptes rendus*, XLI, 1056.

L'électrolyse des composés salins anhydres en fusion est susceptible d'une régularité de marche remarquable. Grâce à certains artifices, elle n'est qu'exceptionnellement contrariée par les réactions secondaires que pourrait subir le produit de la réduction de la part de l'électrolyte, des corps mis en liberté, ou des appareils employés. La densité du courant peut être très forte; elle n'est limitée que par le pouvoir conducteur des électrodes. L'énergie voltaïque, utilisée sous forme de chaleur, est concentrée dans un petit espace et sert presque toute entière; car, en raison des faibles dimensions des appareils, les pertes par conductibilité et par rayonnement sont peu considérables. Les refontes, si coûteuses en combustible, ne sont généralement pas nécessaires. Les proportions moins encombrantes des usines diminuent le capital d'installation; dans bien des cas enfin, l'utilisation d'une chute d'eau réduit encore les dépenses journalières (1). Aussi ne faudrait-il pas s'étonner si les procédés électrolytiques par voie sèche s'étendaient un jour à quelques métaux usuels. Leur application à l'extraction de l'aluminium a montré de combien de façons diverses le courant électrique triomphe de certains composés assez stables pour résister aux méthodes ordinaires de la métallurgie.

Procédé Cowles.

A ce point de vue, le procédé de MM. Cowles frères mérite de fixer l'attention avant tous les autres. Ce procédé, qui réalise la réduction de l'alumine sous l'influence combinée du carbone et de l'arc voltaïque, a été breveté, dès 1885, en Amérique, en France, en Allemagne et en Belgique. Appliqué d'abord aux États-Unis dans l'usine de Cleveland, puis à Lockport, il fut introduit peu après

(1) Éric Gérard, *Leçons sur l'électricité*, 2e éd., t. II, p. 408.

en Angleterre et exploité par la *Cowles Company* à Milton (Stoke-on-Trent), dans le Staffordshire.

En voici le principe :

On introduit dans un creuset de forme spéciale un mélange d'alumine, de charbon et de grenaille du métal, fer ou cuivre, auquel on veut combiner l'aluminium ; le procédé ne fournit en effet que des alliages. Si on fait passer à travers le mélange un courant électrique intense de 3000 ampères avec une force électromotrice de 50 à 60 volts, l'alumine se décompose. L'oxygène s'unit au carbone et se dégage à l'état d'oxyde de carbone, tandis que l'aluminium se combine, avec un peu de silicium réduit, au cuivre ou au fer du bain, pour former un alliage riche.

Il serait intéressant de savoir si la désagrégation de l'alumine est l'effet de la chaleur dégagée par le courant, de l'action électrolytique de ce dernier ou du pouvoir réducteur du carbone.

L'action électrolytique du courant paraît être tout à fait secondaire : dans un essai exécuté à Milton, une machine à courants alternatifs a donné le même rendement en bronze d'aluminium qu'une machine à courant continu.

Il est difficile d'admettre une simple réduction par le carbone d'après l'équation

$$\underset{196{,}3\,\text{cal.}}{Al_2O_3} + 3C = \underset{3 \times 29\,\text{cal.}}{Al_2} + 3CO,$$

attendu que trois molécules d'oxyde de carbone ne dégagent en se formant que 87 calories, quantité de chaleur bien inférieure à celle que développe la formation de l'alumine.

La méthode Cowles utilise plutôt le principe dû à Siemens, du chauffage du creuset par l'électricité. On sait que l'arc voltaïque produit, dans certaines conditions, une quantité de chaleur énorme, qu'il est facile de concen-

trer dans une sphère d'action très réduite. Aussi l'effet immédiat obtenu par le passage du courant dans les fours Cowles ne serait, ni la réduction, ni l'électrolyse, mais la dissociation de l'alumine. L'oxyde de carbone, dont la production ne saurait être niée, ne prendrait naissance que dans les parties les plus froides de l'appareil ; sa formation serait tout simplement la conséquence de la désagrégation de l'alumine, loin d'en être la cause déterminante.

Cette théorie est vraisemblable ; nous ne la formulons pourtant qu'avec la réserve que commandent l'insuffisance des données expérimentales et les divergences de vue des observateurs les plus autorisés.

L'opération s'effectue dans une série de fours rectangulaires (fig. 7), espèces de cuves muraillées en briques réfractaires, ayant 0,80 m. de hauteur, 1,70 m. de grand côté et 0,50 m. de largeur. Pendant la marche, les fours peuvent être fermés au moyen de couvercles *c* en matériaux réfractaires, munis d'ouvreaux O pour la sortie des gaz.

Les deux petites faces du four sont traversées par deux manchons de fonte *m*, inclinés à 30° vers le centre du four et destinés à livrer passage aux électrodes *e*. Chacune de celles-ci compte neuf crayons de charbon à lumière de 0,065 m. de diamètre et d'environ 1 m. de longueur, réunis en faisceaux et sertis par coulage dans une monture de cuivre de manière à garantir le contact. Une vis de commande *v* permet de rapprocher les électrodes opposées ou de les écarter en les retirant dans le manchon de fonte. Ce dispositif a pour but de rendre la résistance aussi peu variable que possible pendant l'opération et d'éviter les à-coups brusques.

Les têtes métalliques des électrodes sont reliées à de gros câbles *a* glissant au moyen de petits chariots sur des rails qui reçoivent le courant de la dynamo. Tous ces conducteurs, faits en cuivre, sont mobiles et articulés de façon

qu'un ouvrier puisse aisément transporter les électrodes d'un four dont la charge est épuisée à un four prêt à être mis en train.

Pour préparer une opération, on couvre le fond du four d'une couche isolante et infusible de charbon C. Dans les premiers fours de Lockport on employait du charbon de bois ordinaire. Sous l'influence de la chaleur intense du fourneau, ce charbon se transformait en graphite, bon conducteur de l'électricité, ce qui causait, non seulement une perte d'énergie, mais encore la destruction des fours. On a surmonté cette difficulté en lavant le

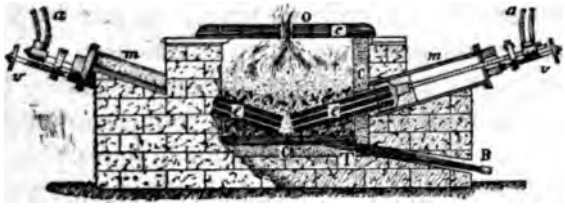


Fig. 7. — Four électrique de Cowles pour la fabrication des alliages d'aluminium.

C, couche isolante en charbon de bois chaulé servant de revêtement intérieur à la maçonnerie en briques réfractaires. — *c*, couvercle de la caisse; il est muni d'ouvertures O pour le dégagement des gaz. — T, trou de coulée que bouche le tampon B. — *e*, faisceaux de crayons en charbon conducteur servant d'électrodes. Au moyen des vis *v*, ils peuvent être retirés dans le manchon *m*; des câbles de cuivre *a* les mettent en communication avec la dynamo.

charbon de bois dans un lait de chaux. Après séchage, chaque particule se trouve ainsi enveloppée d'une couche isolante de chaux.

Les parois du four sont recouvertes de la même façon d'une couche de 8 centimètres d'épaisseur C. Pour faire ce revêtement, on introduit un moule en tôle, échancré à l'endroit où passent les électrodes, et on remplit de charbon chaulé tout l'intervalle compris entre la tôle et la maçonnerie réfractaire. La charge se trouve ainsi comme dans un grand creuset brasqué.

Au moyen des volants *v*, les électrodes sont mises à fond en regard l'une de l'autre et les crayons amenés presque au contact, pour qu'au début du passage du courant la résistance soit faible. Dans le creux de la cuve, on introduit du corindon et du charbon mêlés à du cuivre ou à de la ferraille, suivant que l'on veut obtenir du cupro-aluminium ou du ferro-aluminium.

Le chargement terminé, on retire la tôle avec précaution et on finit le remplissage du fourneau par de la sciure de bois bien sèche. Celle-ci a l'avantage d'être aisément perméable aux gaz et de conduire mal l'électricité. Lentement carbonisée, elle donne de la poudre de charbon qui, après chaulage, servira à faire la brasque du four. On met le couvercle en place, on lute les joints, on établit les contacts et l'opération commence.

Le courant d'une puissante dynamo est lancé à travers la masse. Bientôt les ouvreaux du couvercle O rejettent la vapeur d'eau et l'air contenus dans le four; puis apparaît l'oxyde de carbone provenant de la réaction. La masse est devenue incandescente. D'une intensité de courant de 3000 ampères on passe au maximum et on maintient la résistance aussi constante que possible jusqu'à la fin de l'opération. A cet effet, un gamin surveille les instruments de mesure et écarte les électrodes, chaque fois que l'ampèremètre accuse une intensité de courant trop grande. Le déplacement graduel des crayons amène successivement toutes les parties de la charge dans la zone de réduction. Généralement, quand la décomposition est terminée, les pointes des électrodes se trouvent écartées de plus d'un mètre. Grâce à leur inclinaison et à leur retrait progressif, elles ont pu être maintenues sans cesse au-dessus du métal en fusion, sans contact avec lui; le courant a été forcé ainsi de traverser le mélange non encore réduit.

Au bout d'environ deux heures, le circuit est ouvert et la dynamo mise en communication avec un autre four. Les électrodes, ramenées dans leur gaîne métallique, s'y refroidiront à l'abri de l'air.

A l'origine, on laissait l'alliage d'aluminium produit se solidifier au fond du creuset. Actuellement on le retire liquide par un trou de coulée T, bouché pendant l'opération au moyen d'un crayon de charbon B. Il en résulte une grande économie de temps et de main-d'œuvre.

Le cupro-aluminium contient de 18 à 30 p. c. d'aluminium. Il est blanc ou jaunâtre, suivant la teneur plus ou moins forte en aluminium. On le refond avec un poids convenable de cuivre, de façon à obtenir les bronzes jaune d'or commerciaux, possédant les qualités mécaniques requises.

Le titre du ferro-aluminium varie de 5 à 20 p. c. d'aluminium.

La scorie constitue un produit secondaire de grande valeur; c'est du charbon mêlé à une certaine quantité d'alliage. Elle est pulvérisée et rechargée dans le four avec du minerai nouveau.

Les applications industrielles des alliages d'aluminium deviennent nombreuses. Ce fait assure l'avenir des fonderies Cowles, d'autant mieux que les matières premières employées ne doivent pas être dans un parfait état de pureté et que les frais de production sont relativement peu élevés.

« Si l'on se représente, dit M. Ponthière, que, outre la dynamo et le four, l'ensemble de l'installation ne comprend qu'un ampèremètre d'une construction particulièrement simple et robuste, indétériorable, mis en circuit, et un voltmètre de même construction, en dérivation sur les bornes de la dynamo; que, en dehors du mécanicien de la dynamo, un gamin suffit à la surveillance, on doit reconnaître que cette installation ne le cède pour ainsi dire en rien, comme simplicité, aux installations métallurgiques les moins compliquées » (1).

Malheureusement les opérations sont intermittentes et

(1) Ponthière, *Traité d'électrométallurgie*, 2e éd., p. 276.

n'évitent donc pas les rechauffages des massifs de maçonnerie.

« On pourra sans doute, ajoute le même auteur, réaliser un four continu, sorte de cubilot dont les tuyères seraient remplacées par deux électrodes, et qui serait ainsi, pour employer une expression pittoresque, soufflé à l'électricité. »

A l'usine d'expériences de Cleveland, les installations étaient modestes. On y utilisait un courant de 1500 ampères et de 50 volts produit par une machine de 125 chevaux.

A Lockport, trois dynamos, actionnées par une chute d'eau, fournissent un courant de 3000 ampères et de 60 volts; douze fours y sont en activité. La production journalière monte à 1200 kg. de bronze d'aluminium et à 800 kg. de ferro-aluminium, ce qui correspond, vu la teneur variable des alliages formés, à environ 200 kg. de métal allié.

L'usine de Milton marche avec une dynamo Crompton-Swinburne de 500 chevaux donnant 5000 ampères avec une force électro-motrice de 50 à 60 volts. Elle fabrique par jour 1000 kg. de bronze et 800 kg. de ferro-aluminium, dans douze fourneaux du modèle Crompton (1).

Procédé Crompton.

L'inventeur de ce nom a avantageusement modifié le four Cowles, en y introduisant un gaz combustible. Son but est d'économiser la chaleur voltaïque par le chauffage préalable des matières à traiter. Il prolonge, par le fait même, la durée des électrodes; car l'oxygène provenant de la réduction sert en bonne partie à brûler le jet gazeux et épargne les plaques de charbon aggloméré qui livrent passage au courant.

(1) *La Lumière électrique*, 12 oct. 1889, t. XXXIV, p. 77.

Procédé Wilson.

Poussant cette idée, M. Wilson, ingénieur de la *Wilson Aluminium Company* de Brooklyn, utilise une cathode creuse C suspendue et équilibrée au moyen de contrepoids P, par laquelle il injecte dans le creuset un gaz réducteur, ordinairement du gaz d'éclairage, sous une pression réglable à volonté. Voici comment l'opération est conduite :

On charge le fond du creuset d'une couche de cuivre

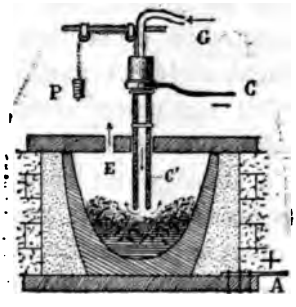


Fig. 8. — Creuset Wilson pour l'extraction de l'aluminium.

Le creuset est en charbon aggloméré, bon conducteur du courant ; il constitue l'anode A ; l'ouverture E ménagée dans le couvercle permet le dégagement des gaz. — Un contrepoids P retient la cathode CC' ; celle-ci est creuse et livre passage au gaz qu'amène le tube G.

en morceaux, on recouvre le métal de la moitié de son poids de corindon ou d'alumine, on lute le couvercle, on abaisse l'électrode jusqu'au contact de la masse, puis on fait passer le courant. L'arc une fois amorcé, le gaz est introduit sous une pression telle qu'il ne sorte pas de *gaz inflammable* par le petit évent E.

La réduction s'effectue avec une grande agitation. L'oxygène se portant vers l'anode A et étant d'ailleurs immédiatement fixé par le gaz d'éclairage, la cathode

suspendue C, vers laquelle se porte le métal, est parfaitement protégée et il ne faut l'abaisser que très peu pour en suivre l'usure. M. Wilson obtient par son procédé des bronzes titrant de 3 à 18 p. c. d'aluminium (1).

Procédé Héroult.

Dans les usines qui exploitent les brevets Héroult on fabrique et l'aluminium pur, et ses alliages.

Les alliages s'obtiennent par la décomposition électrolytique de l'alumine maintenue en fusion par le courant. On emploie, en guise de creuset, une caisse en fonte F (fig. 9) de 1 m. de hauteur et de section carrée à 1,20 m. de côté, électriquement isolée et garnie à l'intérieur de briques *b* en charbon aggloméré cimentées au goudron ou au sirop de sucre. Ce revêtement est réfractaire et conducteur : on y a ménagé un trou de coulée T que ferme un charbon B pressé par un ressort. La caisse et la brasque, faisant fonction de cathode, communiquent avec le pôle négatif de la dynamo par l'intermédiaire de gros câbles en cuivre C. Des bornes multiples fixent ceux-ci sur la caisse. L'anode, formée d'un faisceau de plaques de charbon E, est suspendue au-dessus du creuset; elle peut être abaissée ou soulevée à volonté. Pendant la marche, un mécanisme régulateur, semblable à celui des lampes à arc, la commande même automatiquement, suivant que le courant est trop fort ou trop faible.

Dans l'électrométallurgie, il importe toujours de bien régler la distance des électrodes. En l'exagérant, on augmente inutilement la résistance offerte au courant et par suite la température. En la diminuant trop, on risque de produire un refroidissement du bain et des courts-circuits dangereux pour la conservation des appareils. Les indica-

(1) *La Lumière électrique*, 12 déc. 1891, t. XLII, p. 513.

tions de l'ampèremètre guident, dans ce réglage, le chef fondeur chargé de la surveillance.

Outre l'ouverture centrale de forme carrée qui laisse passer l'électrode positive E, la plaque de graphite G servant de couvercle porte deux ouvertures latérales O que bouchent des plaques de charbon. Elles servent à l'introduction des matières à traiter et au dégagement de l'oxyde de carbone.

Pour la mise en train, on charge le fond du creuset de quelques pelletées de cuivre en morceaux; on abaisse

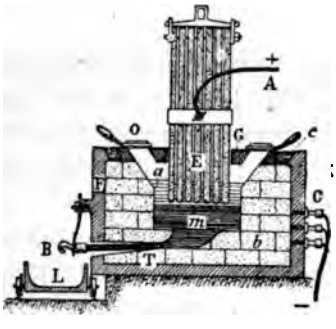


Fig. 9. — Creuset Héroult pour la décomposition électrolytique de l'alumine.

F, caisse en fonte. — *b*, brasque en charbon conducteur servant de cathode. — C, bornes qui relient la cuve au pôle négatif de la dynamo. — E, anode formée de plaques de charbon : celles-ci agissent comme réducteur ; elles reçoivent le courant par le câble A. — G, couvercle en graphite percé d'ouvreaux O. — *c*, charbon de bois. — *a*, couche d'alumine fondue. — *m*, bain d'alliage formé, faisant partie de la cathode. — T, trou de coulée que ferme un tampon de charbon B. — L, wagonnet servant de lingotière.

l'anode et on fait passer le courant, avec une force électromotrice de 16 à 30 volts et un débit de 7000 à 12 000 ampères. Le creuset s'échauffe peu à peu et le cuivre fond. A ce moment, c'est-à-dire au bout d'une dizaine d'heures environ, on charge alternativement du cuivre et de l'alumine. Celle-ci fond bientôt à son tour, devient conductrice et se décompose sous l'effet combiné de la chaleur vol-

taïque et de l'électrolyse. L'oxygène se porte sur les plaques de l'anode E et forme de l'oxyde de carbone qui, grâce à de la poussière d'alumine entraînée, brûle, à la sortie du creuset en O, avec une flamme particulièrement éclatante. L'aluminium se combine au cuivre qui, se trouvant au fond du creuset, sert de cathode, et fournit des bronzes *m* à 20 ou 30 p. c. d'aluminium.

Le four fonctionne sans arrêt pendant des mois. Quand l'anode est complètement brûlée, on la remplace aussi rapidement que possible pour que le bain ne se refroidisse pas. Deux fois par 24 heures on coule l'alliage dans une lingotière L mobile sur rails.

La méthode que nous venons de décrire a été brevetée le 15 avril 1887. Dès le 23 avril de l'année précédente, M. Héroult avait pris un brevet pour la fabrication de l'*aluminium pur* par l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe en fusion.

Cette électrolyse s'effectue dans une cuve cylindrique en tôle de fer, mesurant 0,60 m. de diamètre et 0,75 m. de hauteur, brasquée au charbon et montée sur châssis isolant. La cuve est assez semblable à celle (fig. 9) qui fournit les alliages; seulement elle ne se trouve pas dans le circuit du courant de la dynamo et la paroi inférieure laisse passer une pièce de cuivre soigneusement isolée faisant fonction d'électrode négative.

Pour obtenir de l'aluminium pur, il faut évidemment éviter le contact direct de cette cathode en cuivre et du bain métallique. A cet effet, on dame sur le fond, après interposition d'une feuille d'amiante, une couche de charbon assez épaisse.

Le creuset reçoit d'abord une forte charge de cryolithe. Celle-ci est fondue par le courant au bout de deux à trois heures. Elle se fige en partie contre les parois que l'on refroidit au besoin pour mieux les protéger. La partie centrale reste parfaitement fluide et forme le laboratoire

proprement dit. On y verse par petites quantités, à intervalles rapprochés, de la cryolithe en poudre et de l'alumine calcinée. Cette dernière semble fondre aussitôt en se dissolvant dans la cryolithe et se décomposer sous l'action du courant. Aussi a-t-on cru que le fluorure double ne sert que de fondant ; mais nous verrons que son rôle est probablement plus complexe. Tandis que l'oxygène va brûler l'anode, l'aluminium coule au fond. On le recueille une fois par jour.

Procédé Kiliani.

Pour prévenir la rapide destruction des creusets et des électrodes, on a tout intérêt à ne pas dépasser la température requise pour la réduction. Seulement, si on évite de chauffer trop, on s'expose à voir la surface du bain se couvrir de croûtes solides qui entravent la régularité de la marche. La caractéristique du procédé Kiliani consiste à donner à l'électrode positive un mouvement de rotation et de va et vient, en vue précisément d'éviter cet encroûtement. Autre innovation importante au point de vue technique : le creuset, porté sur deux tourillons, bascule à la façon d'un convertisseur. On comprend que le défournement et le nettoyage en sont rendus bien plus faciles.

L'électrode positive du four Kiliani est une lame de charbon aggloméré avec 25 à 30 p. c. de goudron et séché lentement à 150° ; l'électrode négative, couche de graphite aggloméré formant le fond du creuset, reçoit le courant par l'intermédiaire d'un conducteur de cuivre.

Au commencement de l'opération, on verse dans le creuset de la cryolithe en poudre et, après fusion, on y ajoute périodiquement de l'alumine pure. Un creuset de 0,60 m. fournit par ce moyen 20 kg. d'aluminium en 24 heures. Le métal réduit titre de 92,84 à 99,90 p. c. d'aluminium suivant la pureté des appareils et des matières

premières (1). Les produits accessoires qui s'y trouvent sont le fer et le silicium à des doses variant de 0,04 à 3,82 p. c.

Les procédés Héroult et Kiliani ont eu la bonne fortune d'inspirer de la confiance aux capitalistes. Ils sont appliqués dans deux usines d'une très grande importance.

Citons d'abord celle de Froges (Isère), appartenant à la *Société électro-métallurgique française*, au capital provisoire de 650 000 francs. Située sur le ruisseau des Adrets, à 20 km. de Grenoble, cette usine dispose d'une force hydraulique de 800 chevaux développée par une chute d'eau de 180 m. de hauteur. Le courant nécessaire à l'électrolyse est emprunté à deux grandes dynamos Brown, construites dans les ateliers d'Oerlikon en Suisse. Celles-ci ont un débit de 6000 ampères avec une force électromotrice de 20 volts seulement; elle sont commandées par deux turbines de 300 chevaux. La dynamo excitatrice, mue par une turbine de 100 chevaux, donne un courant de 300 ampères et de 65 volts. La turbine auxiliaire fait marcher de plus différents appareils de l'usine.

Dès 1889, les frais spéciaux de l'extraction d'un kg. d'aluminium s'étaient abaissés à 5 francs environ. Mais les frais généraux étaient considérables et montaient à 200 000 fr. par an. Aussi les prix de vente variaient-ils alors de 20 à 30 francs.

M. Kuss, ingénieur des mines, écrivait à cette date :

« Lorsque la fabrication aura reçu tout le développement dont elle est susceptible, la production annuelle atteindra 600 000 kg. ; elle est encore loin de ce chiffre, parce que les débouchés sont trop limités. Alors la part des frais généraux dans le prix de revient ne dépassera pas 3 ou 4 francs; et si l'on réussit, comme il est permis de l'espérer, à diminuer encore les frais spéciaux, l'usine de Froges pourra produire l'aluminium à 6 ou 7 francs le kilogramme » (2).

(1) *La Lumière électrique*, 1er nov. 1890, t. XXXVIII, p. 203.
(2) *Annales des Mines*, 1889, [8], t. XVI, p. 554.

L'usine de Froges en fabrique actuellement environ 600 kg. par jour.

La *Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium* exploite également les brevets Héroult et Kiliani aux usines de Neuhausen, en Suisse (1).

Cette Société, au capital de 10 millions, est concessionnaire d'une dérivation de la célèbre chute du Rhin à Schaffhausen. En aval du lac de Constance, les eaux sont claires et leur niveau varie peu, circonstance importante au point de vue du fonctionnement régulier des turbines. La concession donne le droit de tirer du fleuve 20 mc. d'eau par seconde. La hauteur de chute étant de 20 m., cette masse donne une force effective de 4000 chevaux. Jusqu'à présent on n'en utilise que la petite moitié.

La prise d'eau a lieu en amont de la chute dans un canal ouvert de 150 m. de longueur, fermé par un barrage en maçonnerie qui s'avance à un cinquième de la largeur du fleuve. A chaque grande crue, les eaux se déversent par dessus le barrage, car son arête se trouve à la hauteur moyenne des eaux d'été. Au fond de cette espèce de chenal, s'ouvre une conduite en tôle de 8 mm. d'épaisseur, d'un diamètre intérieur de 2,5 m. et de 60 m. de longueur. L'eau pénètre dans la conduite par un râtelier en fer; elle y coule vers l'usine avec une vitesse de 2 m. par seconde. Une forte valve à papillon permet de fermer la conduite.

A l'entrée de l'usine, un tuyau de distribution en tôle C (fig. 10) répartit l'eau entre les différents moteurs. Ce sont trois puissantes turbines T, système Jonval, exécutées par la *Société anonyme des ateliers de constructions mécaniques d'Escher Wyss et Cie*, à Zurich. Deux doivent donner 600 chevaux effectifs chacune, et la troisième 300 chevaux.

(1) Nous empruntons les détails suivants à deux brochures publiées par la Direction : 1. *L'Établissement de la Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium, ses produits, leur traitement et leur application; Neuhausen (Suisse)*, Schaffhouse, Brodtmann, 1890. — 2. *Aluminium-Industrie-Actien-Gesellschaft; Neuhausen (Rheinfall), Schweiz*, Schaffhausen, Stötzner, 1891.

L'installation de Neuhausen est intéressante à cause de la nécessité où se trouvaient les ingénieurs d'épargner la place. Les dynamos Brown D, commandées par les turbines T, ont leur armature horizontale, montée comme une meule de moulin sur l'axe même des turbines. On supprimait ainsi les transmissions; mais on se mettait aussi dans la nécessité de donner aux turbines une vitesse de rotation considérable et de soulager le pivot qui portait à la fois l'armature de la dynamo, l'axe vertical de la turbine avec toutes ses annexes et la pression de l'eau.

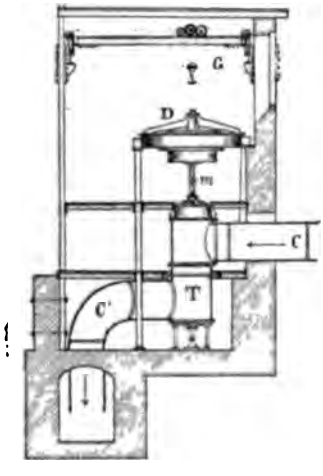


Fig. 10. — Coupe transversale de la salle des machines à l'usine de Neuhausen.

C, canal d'arrivée de l'eau. — C', canal d'écoulement. — T, turbine. — D, dynamo. — *m*, manchon isolateur reliant l'axe de la dynamo à l'axe de la turbine. — G, grue mobile sur rails servant à la mise en place des machines.

D'accord avec le constructeur des dynamos, on adopta pour les turbines une vitesse de 225 tours à la minute. Quant au soulagement des pivots, on l'obtint par un système analogue à celui des turbines de Bellegarde (1).

(1) *La Lumière électrique*, 20 janv 1883, t. VII, p. 83.

Les deux turbines de 600 chevaux ont 1,10 m. de diamètre; elles prennent chacune 3150 litres d'eau par seconde. Leur axe traverse les enveloppes de part en part et repose en bas dans une crapaudine accessible de tous côtés. En haut il est réuni directement à l'axe de la dynamo par un manchon isolateur.

Les grandes dynamos sont construites pour marcher normalement à 30 volts et 14 000 ampères, soit 420 kilowatts; on peut, en toute sécurité, porter le rendement à 500 kilowatts. Les machines de Neuhausen représentent un des plus grands types de dynamos à courant constant réalisés jusqu'à présent. Leur anneau, servant de champ magnétique, coulé d'une seule pièce dans la fonderie d'Oerlikon, a un diamètre extérieur de 3,60 m. et pèse, sans les bobines, 12 000 kg. Le collecteur du courant compte 120 lames et mesure 1,80 m. en diamètre. Cette dimension est justifiée par l'intensité énorme du courant dépassant de loin celle atteinte par les plus fortes machines.

La turbine de 300 chevaux a 0,70 m. de diamètre; elle fait 350 tours à la minute. La dynamo que cette turbine commande donne, à 300 tours, 3000 ampères et 65 volts. Son rendement peut aller jusqu'à 250 kilowatts.

Les deux grandes dynamos sont utilisées pour l'extraction de l'aluminium; la petite sert à l'excitation du champ magnétique des deux premières, à l'actionnement de divers moteurs et à l'éclairage.

Certains accidents, survenus en Angleterre et en Amérique dans des usines à aluminium, avaient fait croire que des machines colossales pour l'entretien continuel de fourneaux électriques seraient rapidement détruites. Cependant les machines fonctionnent à Neuhausen nuit et jour depuis plus d'une année, sans qu'il y ait eu aucune interruption grave. Il paraît même qu'elles ont, sans inconvénient, donné pendant un assez long temps, un débit bien supérieur à leur débit normal.

Outre les trois dynamos décrites, la Société de Neuhausen utilise encore la machine de 300 chevaux, portée maintenant à 400 chevaux, établie il y a quelques années sur la chute du Rhin par la *Société métallurgique suisse*.

Avec cette installation, elle pourrait fournir plus de 2 tonnes d'aluminium par jour. Bien qu'en réalité la production soit moindre, elle a considérablement abaissé le prix du métal.

Voici le relevé approximatif du compte de fabrication pour 1 kg. d'aluminium titrant de 98 à 99,5 p. c. de métal :

Alumine :	2,2 kg.	à 0,65 fr. .	fr. 1,43
Cryolithe :	0,9	à 0,75 . .	0,68
Charbon d'électrode :	1,6	à 0,35 . .	0,56
Main-d'œuvre et direction			0,56
Force-motrice : 56 chevaux-heure. . . .			0,47
Frais généraux pour 100 tonnes par an . .			0,30
			fr. 4,00 (1)

Les derniers cours de Neuhausen offrent l'aluminium à 6,50 fr. le kg., avec une augmentation de 10 p. c. pour des commandes inférieures à 100 kg. (2). L'usine de Froges a adopté le même prix-courant.

(1) *La Nature*, 20e année, n° 976, 13 fév. 1892, p. 171.

(2) L'administration de la Société suisse a eu l'idée certainement originale d'émettre, à titre d'échantillons, des médailles en aluminium. Un côté représente la célèbre chute du Rhin et porte l'inscription : RHEINFALL B' SCHAFFHAUSEN. — *Aluminium-fabrik : 4000 pferdekr.* — Au revers on lit : *5 mark per kilo* • *Unter 100 kilo 10 proc. zuschlag* • ALUMINIUM-INDUSTRIE-ACTIEN-GESELLSCHAFT • *Januar 1892* •

Ces médailles ont à peu près les dimensions d'une pièce de 5 francs ; elles ne pèsent que 4,321 gr. et ne renferment pas même pour 3 centimes d'aluminium. M. Kiliani a eu la gracieuseté de nous envoyer quelques-unes de ces pièces, aussi remarquables par leur éclat et leur résistance à la flexion que par la netteté des empreintes et leur surprenante légèreté.

Procédé Minet.

Par la composition de l'électrolyte et le principe de la réduction, le procédé Minet a de grandes analogies avec la méthode brevetée de M. Héroult pour la fabrication de l'*aluminium libre* (voyez p. 96). Il consiste à électrolyser à haute température un bain de fluorure double d'aluminium et de sodium fondu avec du chlorure de sodium et continuellement régénéré par addition d'alumine et de fluorure d'aluminium.

Dans une longue suite d'expériences commencées en 1887, M. Minet s'est attaché à déterminer les meilleures conditions de marche de l'électrolyse des sels d'aluminium fondus, conditions qui se rapportent à la fois à la masse du bain, sa température, sa fluidité, sa densité, son inaltérabilité, sa fixité; aux dimensions des électrodes, à celles de la cuve qui contient le bain; enfin à la nature même des divers organes. Tous les résultats obtenus ont été consignés avec une rigueur vraiment scientifique; ils constituent un magnifique ensemble de données expérimentales indispensables à ceux qui s'occuperont désormais de l'électrométallurgie de l'aluminium (1).

L'électrolyse des sels fondus exige que le bain soit fluide comme un sel en dissolution et assez fixe pour ne pas se dégager à l'état de vapeur pendant l'expérience. Or, le fluorure d'aluminium Al_2F_6 n'est fusible qu'à 800° et son point de fusion est très voisin de son point de volatilisation, c'est-à-dire qu'il passe presque directement de l'état solide à l'état gazeux sans prendre l'état liquide. Le chlorure d'aluminium Al_2Cl_6 présente la même propriété à une température beaucoup plus basse, vers 185°.

(1) Adolphe Minet, *L'Aluminium, fabrication, emploi, alliages*, Paris, Tignol, 1892, p. 154 et suiv. — Voyez aussi : *Comptes rendus*, CX, 342. 1190; — CXI, 603; — CXII, 231. — *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 2e année, n° 24, 30 déc. 1891, p. 812.

Le chlorure double d'aluminium et de sodium Al_2Cl_6, 6NaCl, même en mélange avec un excès de chlorure de sodium, ne vaut guère mieux. Il est volatil, instable, très corrosif et d'un maniement difficile; il émet d'abondantes vapeurs de chlorure d'aluminium qui se dégagent en pure perte; il devient pâteux à moins qu'on ne chauffe jusqu'à la fusion du sel marin et qu'on n'en chasse par le fait même la totalité du sel aluminique.

M. Minet a obtenu de meilleurs résultats avec un bain à base de fluorure d'aluminium. Pour le préparer, il fond 40 parties de ce sel avec 60 parties de chlorure de sodium,

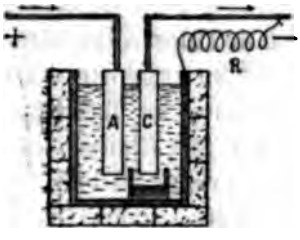


Fig. 11. — Appareil Minet pour l'extraction de l'aluminium.

La cuve en fonte a un revêtement en briques réfractaires. Par l'intermédiaire de la boîte à résistance R, elle est placée en dérivation sur la cathode C. Celle-ci se trouve dans le bain près de l'anode A et au-dessus d'un creuset où se rassemble l'aluminium isolé.

ce qui revient sensiblement aux rapports moléculaires : $12NaCl + Al_2F_6 + 6NaF$. Le mélange fond à 675° et commence à émettre des vapeurs à 1056°. A 800°, il est suffisamment fluide pour que l'électrolyse s'opère normalement, et assez peu volatil pour qu'il ne se perde pas en 24 heures plus de 5 à 8 p. c. de la masse totale.

Aussi bien que le bain, le creuset et les électrodes devaient satisfaire à certaines conditions, la pureté du produit à obtenir et la durée des appareils dépendant directement de leur stabilité chimique vis-à-vis de l'électrolyte. Or le charbon seul résiste à l'action corrosive des

fluorures fondus. On l'emploie, pour le montage des cuves, en plaques agglomérées comme les charbons à lumière.

Dans le premier modèle de cuve (fig. 11) imaginé par M. Minet, il sert uniquement pour les électrodes. La cuve elle-même est en fonte. Elle a la forme d'un parallélipipède dont les arêtes ont présenté une longueur variant entre 20 et 40 centimètres suivant l'intensité du courant lancé dans l'électrolyte. Un revêtement en maçonnerie réfractaire empêche le contact des gaz chauds enveloppants; car bien que le courant suffise pour maintenir le bain fluide, on chauffe au coke, à l'effet d'amener la fusion d'abord et de prévenir ensuite le refroidissement par l'air extérieur. Les électrodes sont en charbon. Quand le courant passe, il apparaît à l'anode A du fluor et du fluorure de sodium; à la cathode C, de l'aluminium métallique qu'on recueille dans un petit creuset placé en dessous dans le bain. Une alimentation régulière permet de prévenir l'appauvrissement de l'électrolyte et la déperdition des éléments qui apparaissent à l'électrode positive. La cuve de fonte est placée en dérivation sur l'électrode négative; une boîte de résistance R y laisse passer 5/100 du courant total. Grâce à cet artifice, les parois intérieures de la cuve sont continuellement recouvertes d'une couche d'aluminium très mince qui les protège contre l'action corrosive du bain; aussi la cuve ne cède-t-elle que 2/1000 à 5/1000 de son métal. Les 95/100 du courant qui passent par la cathode agissent utilement pour l'électrolyse.

A la suite de recherches faites de mai à décembre 1890, M. Minet, sans modifier la nature du bain, changea la disposition de la cuve et des électrodes.

La cuve actuellement employée (fig. 12) est en fonte. Elle a conservé sa forme primitive, mais ses dimensions sont plus petites; elle est munie intérieurement d'une garniture de charbon aggloméré faisant fonction d'électrode négative. L'aluminium s'écoule le long des parois en char-

bon au fur et à mesure de sa formation, et se rassemble au fond de la cuve d'où il est extrait par un trou de coulée B. Un appareil ainsi établi fournit une marche continue pendant un temps qui varie entre 20 et 30 jours.

Le relevé des expériences du 11 février et du 10 décembre 1890 montre que la cuve en fonte recouverte intérieurement de charbon et servant de cathode présente des avantages marqués sur la cuve en dérivation. Aussi nous demandons-nous pourquoi M. Minet ne décrit la nouvelle disposition que *pour mémoire* dans son récent travail sur l'aluminium (1).

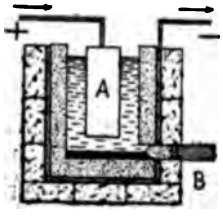


Fig. 12. — Dernier modèle de cuve adopté par M. Minet pour l'électrolyse du fluorure d'aluminium.

La cuve en fonte et son revêtement intérieur en charbon communiquent avec le pôle négatif de la dynamo et servent de cathode. La plaque de charbon A, faisant fonction d'anode, plonge au milieu du bain. Un bouchon en charbon B ferme le trou de coulée ménagé au fond de la cuve.

Lorsqu'on emploie l'alumine du commerce, sans purification préalable, le métal obtenu renferme 2 à 3 p. c. d'impuretés constituées en grande partie par du silicium. Avec des produits exempts de silice, la richesse du métal atteint 99 p. c.

Dans la série des essais continués de 1887 à 1890, l'intensité du courant a oscillé entre 89 et 1500 ampères, et la force électromotrice entre 4 et 6,3 volts. Ces essais ont montré que le poids du métal produit pour une dépense dans les bains d'une quantité d'énergie équiva-

(1) *Loc. cit.*, p. 164.

lente à un cheval-heure est indépendante de la quantité d'électricité qui traverse le bain et qu'elle est *en raison inverse* de la différence de potentiel aux électrodes. M. Minet espère pouvoir encore améliorer le rendement.

Dans l'expérience du 10 décembre 1890, la quantité d'énergie dépensée, dans l'électrolyte, pour la production de 1 kg. d'aluminium, était de 31,3 chevaux-heure; le poids du métal produit pour une dépense d'énergie électrique, dans l'électrolyte, correspondant à un cheval-heure, de 31,9 gr. ; le rendement du système en fonction de la quantité d'électricité, de 58 p. c.

Il paraît que la différence de potentiel peut s'abaisser encore et atteindre un minimum de 4 volts, quelle que soit l'intensité du courant. La dépense, comme force motrice, pour la production de 1 kg. d'aluminium descendrait à 20 chevaux-heure, le poids du métal produit par cheval-heure dépensé dans les bains, serait 52 gr., et le rendement s'élèverait à 70 p. c. au moins et quelquefois à 80 p. c.

D'après M. Hampes (1) les pertes inévitables résulteraient de l'attaque du fluorure en fusion par l'aluminium à l'état naissant, et de la formation d'un sous-fluorure d'aluminium. Quoi qu'il en soit, le rendement augmente avec la dilution du fluorure d'aluminium dans le bain.

Le rendement est presque théorique, lorsque l'appareil est disposé pour la formation d'alliages d'aluminium. Dans ce cas, la garniture intérieure en charbon est supprimée, et la cuve est constituée par un des métaux à allier. L'aluminium à l'état naissant se combine avec le métal de la cuve, et, en raison de cette nouvelle affinité, le sous-fluorure se produit plus difficilement.

Essayé d'abord en 1887, dans une modeste installation, impasse du Moulin-Joli à Paris, le procédé Minet fut

(1) *Comptes rendus*, CXII. 231.

exploité à Creil de 1888 à 1891. On y fabriquait journellement environ 10 kg. d'aluminium pur et 5 à 6 kg. d'aluminium à l'état d'alliage.

La nouvelle méthode ayant fait ses preuves, MM. Bernard frères, propriétaires de l'usine de Creil, songèrent à établir à Saint-Michel, près Modane en Savoie, une usine plus importante et en confièrent la direction à M. Adolphe Minet lui-même.

L'emplacement choisi est dans une situation économique très favorable à cause de la proximité de la voie ferrée, et de la présence d'une force hydraulique considérable. Le cours d'eau utilisé est la Valloirette, petite rivière qui se jette dans l'Arc, à Saint-Michel. Une première dérivation a été faite à 600 m. environ de l'usine. La hauteur de chute étant de 133 m. avec un débit de 3,5 mc. par seconde, on dispose de 6000 chevaux dont 4000 chevaux électriques utiles. Les turbines déjà placées ont une puissance variant entre 300 et 1000 chevaux.

Plus tard, les propriétaires, MM. Chevrant et Bernard frères, comptent établir une nouvelle dérivation à une hauteur de 630 m. au-dessus de l'usine et fournir à d'autres industries la partie des 30 000 chevaux disponibles qui ne sera pas appliquée à l'électrométallurgie.

Procédé Hall.

S'il faut en croire l'inventeur, cette méthode de réduction décompose l'alumine en dissolution dans un fluorure fondu. Imaginée en 1886, elle fut appliquée industriellement vers 1888. Faisant abstraction pour le moment des réactions qui se passent dans le bain, nous nous contenterons de faire remarquer que la cuve et l'électrolyte employés par M. Hall diffèrent très peu de ceux de M. Minet.

La cuve garnie de charbon sert de cathode; on peut la chauffer extérieurement. Des baguettes de charbon font fonction d'anode. Le bain de fusion est un fluorure double d'aluminium et de calcium Al_2F_6,CaF_2, plus fusible que les fluorures constituants, ou bien un fluorure triple d'aluminium, de sodium et de calcium. L'alimentation se fait au moyen d'un mélange de fluorure et d'oxyde d'aluminium ou simplement d'alumine. D'après M. Hall, le courant décompose l'alumine. De l'oxygène brûle l'anode en donnant du gaz carbonique, tandis que le métal coule le long des parois de la cuve.

Grâce à la densité assez forte du bain, l'aluminium mis en liberté monte au-dessus du bain, au risque de s'y oxyder. Pour empêcher le contact de l'air, on avait d'abord muni le creuset d'un couvercle. Mais bientôt on trouva qu'il était préférable d'abaisser la densité du bain au-dessous de celle de l'aluminium en y ajoutant 66 p. c. de fluorure de lithium ou de potassium. Pendant l'électrolyse la fluidité du bain diminue rapidement et sa résistance augmente; mais cet inconvénient peut être évité par l'addition de 3 à 4 p. c. de chlorure de calcium que l'on renouvelle souvent à cause de sa volatilité.

Le procédé de Hall est exploité à Patricroft, près Manchester, en Angleterre par *The Metal Reduction Syndicate, Limited*. La *Pittsburg Reduction Co* l'applique également aux États-Unis, près de Pittsburg, dans un district où il se trouve du gaz naturel et du charbon.

L'usine de cette dernière société, vaste construction en fer de 40 m. sur 25 m., est divisée en deux parties : l'une est réservée à ce que l'on voit dans toutes les stations de lumière électrique : chaudières, machines et dynamos; l'autre contient les cuves à réduction, les fourneaux pour la calcination du minerai d'aluminium, les creusets pour l'affinage des lingots bruts.

Trois moteurs d'une force totale de 525 chevaux action-

nent deux paires de dynamos Westinghouse. Les deux plus grandes, couplées en quantité, font 325 tours par minute et débitent 2500 ampères et 50 volts. Ce courant de 5000 ampères est lancé dans cinq bains montés en tension, par l'intermédiaire de deux barres de cuivre d'une section de 40 cmq. Les deux petites dynamos ne desservent que deux bains. Elles marchent à 1060 tours et donnent un courant de 1000 ampères et de 25 volts. Le système de transmission est le même ; mais les barreaux de cuivre ont une section moindre.

Les sept caisses à réduction se trouvent dans la seconde salle. Elles sont doublées de charbon formant la cathode.

Détail nouveau : les électrodes positives de chacune des caisses sont formées d'une double rangée de larges charbons. Des tiges de cuivre solidement insérées dans les charbons et armées de crampons permettent de les attacher au conducteur et de les remplacer facilement quand ils sont consumés.

A Pittsburg, la production journalière atteint 170 kg. d'aluminium. Le métal, après affinage dans des creusets de graphite, présente, à l'analyse, la composition suivante :

Aluminium	98,52	Cuivre	0,03
Silicium	1,14	Plomb	0,01
Fer	0,05	Sodium	traces.

Les livres de la *Pittsburg Reduction Co* accusent la consommation d'énergie relativement forte de 48 à 50 chevaux-heure par kg. d'aluminium produit.

Ce rendement est inférieur à celui du procédé Minet. Il paraît néanmoins que la Compagnie, grâce sans doute au bon marché du combustible, vient d'abaisser le prix de vente de l'aluminium à 5,50 fr. pour des quantités de 1000 kg. au moins.

Voici quels sont, d'après *La Nature*, les frais de fabrication par kilogramme aux usines de Pittsburg et de Patricroft :

Alumine	2,00 kg. à fr.	0,65. . . .	fr.	1,30
Charbon	1,400	0,56. . . .		0,775
Bain	0,375	0,47. . . .		0,175
Main-d'œuvre et direction				0,56
Force motrice : 48 chevaux-heure . .				0,40
Frais généraux pour 100 tonnes par an.				1,39
		Total	fr.	3,60

Une fabrication plus importante diminuerait la main-d'œuvre, les frais généraux et le prix des matières premières qu'on achèterait en plus grandes quantités.

Essai d'une théorie de l'électrolyse des bains a base de fluorures et d'alumine.

Les phénomènes de décomposition que l'alumine dissoute dans les fluorures fondus subit sous l'influence du courant dans les procédés Héroult, Minet et Hall n'ont peut-être pas encore été interprétés d'une manière définitive.

MM. Héroult en 1886 et Hall en 1889 affirment positivement dans leurs brevets que l'alumine est directement réduite par le courant. Les fluorures devraient donc être considérés comme de simples dissolvants physiques.

Jusqu'à présent on n'en a pas fourni de preuve expérimentale concluante. Quand on soumet à l'action du courant la cryolithe ou fluorure double d'aluminium et de sodium, additionnée d'alumine, l'aluminium réduit coule le long de l'électrode négative, et de l'oxyde de carbone apparaît au pôle positif. Sans doute, la formation de ce gaz et la combustion de l'électrode positive de charbon démontrent la mise en liberté d'oxygène par décomposition de l'alumine. Mais cette décomposition est-elle l'effet direct du courant ou le résultat d'actions secondaires?

La permanence des fluorures dans le bain semble de prime abord trancher la question en faveur de la première

hypothèse. Or, d'après un remarquable article publié récemment sans nom d'auteur dans l'*American Engineering and Mining Journal* et dans le *Scientific American Supplement* du 1er août 1891, cette hypothèse ne tient pas devant un examen attentif des faits. M. Minet, dont on ne peut contester l'autorité en cette matière, partage cet avis.

Rien de plus difficile, à coup sûr, que de déterminer *à priori* quel composé sera électrolysé d'abord dans ce mélange complexe de fluorure de sodium, de fluorure d'aluminium et d'alumine. La mesure des conductibilités relatives des composés en présence dans le bain conduit à des conclusions inconciliables avec les données de l'observation. A cause de la température élevée à laquelle on opère, la thermochimie ne peut être d'aucun secours.

Voici la théorie à laquelle a été conduit M. Minet, directeur de l'usine de Saint-Michel, à la suite d'une pratique de plusieurs années et d'une étude aussi soigneuse que possible des réactions chimiques qui accompagnent la décomposition électrique des bains à base de fluorures fondus.

Il fait remarquer d'abord que l'électrolyse marche mal si on alimente les bains avec de l'*alumine seule*. Il affirme ensuite que, si on emploie un mélange d'*alumine* et de *fluorure d'aluminium* à une température n'excédant pas 1100 degrés et avec une force électromotrice maxima de 5 volts, l'électrolyte décomposé le premier et presque exclusivement, de tous ceux qui forment le bain, est le fluorure d'aluminium.

D'après lui, le fluor qui se dégage à l'électrode positive attaque l'alumine en suspension et la transforme en fluorure d'aluminium, tandis que l'oxygène déplacé par le fluor consume l'électrode positive :

$$Al_2O_3 + 6F + 3C = Al_2F_6 + 3CO.$$

L'alumine ne serait donc pas directement électrolysée. On le voit, cette interprétation rend compte, aussi bien que l'autre, du dégagement d'oxyde de carbone ou de gaz carbonique.

Le fluorure d'aluminium formé aux dépens de l'alumine se combinerait aux fluorures alcalins devenus libres, pour donner un fluorure double. Le bain est ainsi régénéré, mais en partie seulement, car il se perd une certaine quantité de fluor.

C'est pour compenser cette perte qu'on doit introduire dans le bain, en même temps que l'alumine, du fluorure d'aluminium. Sans cette précaution, le bain deviendrait pâteux, parce qu'il finirait par ne plus contenir que de l'alumine non décomposée, mêlée aux fluorures alcalins. Sa densité atteindrait rapidement celle de l'aluminium qui viendrait s'oxyder à la surface au risque de compromettre le rendement.

Quelle que soit la valeur de ces vues théoriques, l'alimentation mixte se pratique à Pittsburg en Amérique depuis le mois de novembre 1888, à Froges et à Neuhausen depuis le mois d'avril 1889, et elle a donné à M. Minet les résultats que le lecteur connaît.

L'AVENIR DE L'ALUMINIUM.

La description détaillée des propriétés de l'aluminium et de ses alliages étendrait cette étude bien au delà des limites que son titre lui impose. Nous ne pouvons terminer pourtant sans dire quelques mots au sujet du rôle que le *métal de l'argile* semble devoir remplir dans un avenir prochain ; car de l'importance de ce rôle dépend le sort même des procédés métallurgiques que nous venons d'esquisser.

L'aluminium peut être employé, soit libre, soit combiné à l'état d'alliage.

Libre, il se distingue par sa légèreté, sa malléabilité et son prix relativement peu élevé ; il conviendrait pour beaucoup d'objets d'art ou de fantaisie fabriqués jusqu'ici en corne, bois, os, caoutchouc ou métal. On songe à l'employer pour les instruments de chirurgie et les appareils scientifiques, pour les batteries de cuisine et la vaisselle de table.

Depuis le 1er février 1876, un célèbre chimiste, Cl. Winkler, s'est journellement servi d'une cuiller en aluminium pesant alors 25,493 gr. A la date du 12 janvier 1892, soit après 16 ans d'usage, la cuiller avait perdu 5,85 p. c. de son poids. Durant le même laps de temps, la perte était de 5,62 p. c. pour une cuiller en argent de Berlin, et de 8,78 p. c. pour une cuiller en argent. Cette observation, probablement unique en son genre, permet de se faire une idée assez favorable de la durée des objets en aluminium (1).

Il y a pourtant des obstacles à la diffusion rapide du nouveau métal. Le moulage de l'aluminium est fort délicat, son retrait à la fonte montant à 1,8 p. c. ; on peut, il est vrai, éviter les inconvénients qui en résultent. Par contre, grâce à sa grande chaleur spécifique, l'aluminium fondu reste très longtemps liquide, si bien qu'un creuset chauffé au rouge vif et qui en contiendrait 30 kg. peut être laissé hors du four pendant plus d'une demi-heure avant la coulée, sans qu'on ait lieu de craindre que le métal ne rende plus les détails les plus fins des moules.

Travaillé au tour ou à la lime, il émousse les tranchants en les encrassant de menus débris. Ce défaut, qui tient au manque de dureté, se fait moins sentir si on imbibe les outils de benzine ou de pétrole.

Au titre de 99 p. c., l'aluminium se laisse forger et laminer à froid et à chaud. Forgé à froid, il devient plus tenace. Le recuit n'est pas toujours nécessaire et n'exige

(1) *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1891, Heft 3.

jamais une température supérieure à 400°. D'après les expériences de M. Hobbs, l'aluminium se prête beaucoup mieux que le laiton aux procédés usuels d'étirage et d'emboutissage (1). Par malheur, une teneur de 1 à 2 p. c. de fer et de silicium diminue considérablement la malléabilité et la ductilité.

Les qualités commerciales d'aluminium qui renferment seulement 0,50 p. c. d'impuretés perdent leur poli et prennent une teinte plombée au contact de l'eau ou de l'air humide. Aussi s'est-on beaucoup occupé de la dorure et de l'argenture du nouveau métal. Paul Morin, Deville, Mourey et Christofle n'étaient arrivés qu'à des résultats peu satisfaisants. On n'a guère mieux fait qu'eux. Tantôt l'aluminium déposé se redissout, tantôt il est pulvérulent, tantôt il s'écaille, surtout sur les surfaces polies. A l'usine de Neuhausen, on préfère cuivrer les tôles avant de les passer au bain d'or ou d'argent.

La soudure de l'aluminium reste également une opération difficile ; car une fine pellicule d'alumine s'oppose d'ordinaire à la réunion intime des pièces. Avec de grands soins, on peut réussir toutefois, soit par le procédé Mourey, soit par le procédé Bourbouze que décrit M. Minet (2), soit au moyen d'une préparation spéciale qu'on fabrique à Neuhausen, et dont la *Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium* tâche de vulgariser l'emploi (3).

On le voit, le travail de l'aluminium exige un outillage spécial, une grande habileté et une longue expérience ; jusqu'à présent, il n'est pas à la portée d'un ouvrier ordinaire.

(1) O. Smith, *Aluminium in the Drawing Press*, American Institute of Mining Engineers, Juli 1890.

(2) Ad. Minet, *L'Aluminium, fabrication, emploi, alliages*, p. 258.

(3) Voyez la brochure : *Aluminium-Industrie-Actien-Gesellschaft, Neuhausen (Rheinfall)*, 1891, p. 5. — *Revue scientifique*, 21 mai 1892, T. XLIX, p. 671.

Mais le métal se prête-t-il aux applications qu'on imagine à plaisir ? Est-il en particulier d'une innocuité parfaite dans les ustensiles qui servent à l'alimentation ?

Ici les avis se partagent.

Les vrais dissolvants de l'aluminium sont l'acide chlorhydrique et les alcalis. L'acide sulfurique et l'acide acétique dilué l'attaquent, quoique très faiblement ; l'acide nitrique le dissout, mais lentement, même quand il est concentré et bouillant. L'hydrogène sulfuré, qui noircit les objets en argent, n'a pas d'action sur lui. L'eau n'est pas décomposée à son contact, pas même à la température du rouge blanc.

Quant aux substances alimentaires, leur action est insensible. Il faut excepter toutefois le sel marin mêlé d'acide acétique.

MM. Le Roy (1), Villon (2), Lübbert et Roscher de Dresde (3) énumèrent plusieurs produits auxquels l'aluminium ne résiste point.

MM. Lunge et E. Schmidt (4) contestent en certains points la valeur de leurs observations. Surtout, ils trouvent les conclusions exagérées, d'accord en cela avec M. G. Rupp, du laboratoire d'essai des substances alimentaires à Carlsruhe. Les résultats obtenus par ce dernier en novembre 1891 montrent que l'aluminium n'abandonne aux boissons et aux aliments que des traces insignifiantes (5).

M. Rupp a opéré sur des bouteilles destinées aux armées en campagne, sur des gobelets et des tôles de 1 mm. d'épaisseur, le métal renfermant :

Aluminium	99,66
Silicium	0,04
Fer	0,30

(1) Communication à la *Société industrielle de Rouen*, juin 1891.
(2) *Revue de Chimie industrielle*, mars 1892.
(3) *Pharmaceutische Centralhalle*, 1891, n° 39.
(4) *Zeitschrift fur angewandte Chemie*, jan., 1892. — *Chemical News*, 4 March, 1892. LXV, 110. — *Moniteur scientifique*, avril 1892, IV, 280.
(5) *Dinglers Journal*, 1891, Bd 283, Heft 1.

Les objets soigneusement nettoyés, séchés à 100°, pesés et mis au contact de la substance à essayer furent gardés à la température ambiante et agités fréquemment durant 4, 8 ou 28 jours. L'expérience terminée, on les pesa de nouveau après lavage à l'eau distillée et refroidissement dans un exsiccateur.

Le tableau ci-joint relève les pertes de poids observées; encore faut-il faire la part de l'usure des objets à la suite de l'agitation et du nettoyage.

Il s'ensuit qu'il ne peut être question de proscrire l'aluminium à cause de ses dangers au point de vue de l'hygiène ; mais il doit être d'une bonne marque et suffisamment pur. Il suffit en effet de faibles quantités de substances étrangères pour modifier considérablement sa résistance aux agents chimiques. Les aliments et les boissons ordinaires contiennent souvent des traces appréciables de composés aluminiques. Ces composés ne constituent pas des poisons, dans le sens ordinaire de ce mot, à la façon des dérivés de l'arsenic, du cuivre, du mercure et du plomb, dont quelques milligrammes peuvent causer des accidents mortels. Pour ressentir les effets nuisibles des sels d'aluminium, il faudrait les ingérer à des doses cent fois plus fortes que celles qui sont régulièrement absorbées par l'estomac (1).

L'aluminium, n'étant pas attaqué par le sang, ni par le pus, convient aussi bien pour les instruments de chirurgie que pour la vaisselle de table. Voyons ce qu'il vaut au point de vue mécanique.

Soumis à la traction, l'aluminium présente une résistance trois fois moindre que celle de l'acier. Sa résistance à la compression est inférieure de 1/6 à celle du fer fondu. Une barre de fer d'une section de 0,025 m. de côté porte un poids de 226,5 kg., tandis qu'une barre semblable en aluminium fléchit de 0,05 m. au moins sous un poids de

(1) G. Lunge. Voyez *Chemical News*, 4 March 1892, p. 110.

Etat de l'aluminium	Nature de la substance essayée	Durée de l'expérience	Poids de l'objet en aluminium avant l'essai	Poids de l'objet en aluminium après nettoyage et dessiccation à 100°	Perte de poids	Dosage de l'alumine	Aspect du produit essayé après l'expérience
1. Bouteille en aluminium	Vin blanc avec 0 7 °/ d'acide	8 jours	126,031	126,0302	0,0008	0,0	Clair
2 »	Vin rouge	8 »	126,0302	126,0291	0,0011	0,0	»
3 »	Vin blanc	28 »	126,0291	126,0256	0,0035	Faibles traces	»
4. »	Vin rouge	28 »	126,0256	126,0218	0,0038	» »	»
5. »	Bière	4 »	126,0218	126,0216	0,0002	0,0	Faiblement troublé
6. »	Kirsch	8 »	108,210	108,2099	0,0001	0,0	Clair
7. »	Cognac	8 »	108,2099	108,2097	0,0002	0,0	»
8. »	Café (20 gr. de café avec 200 cmc. d'eau)	8 »	126,0216	126,0210	0,0006	Faibles traces	Faiblement troublé
9 »	Thé	8 »	126,0210	126,0204	0,0006	» »	» »
10. Gobelet en aluminium	Lait	4 »	55,798	55,7977	0,0003	0,0	Caillé et acide
11. »	Beurre	8 »	55,7977	55,7975	0,0002	0,0	Rance
12. Tôle d'aluminium	Miel	8 »	3,8715	3,8714	0,0001	0,0	Inaltéré
13. »	Confitures	8 »	3,170	3,170	0,0	0,0	»
14. »	Eau potable (dureté 14°)	8 »	1,879	1,879	0,0	0,0	Clair
15. »	Eau potable (à l'ébullition)	1 2 heure	1,879	1,8789	0'0001	0,0	»
16. »	1 °/ acide tartrique	8 jours	3,872	3,8715	0,0005	Faibles traces	»
17. »	1 °/ acide tannique	8 »	3,170	3,170	0,0	0,0	»
18. »	1 °/ acide acétique	8 »	3,789	3,789	0,0	0,0	»
19. »	4 °/ »	8 »	3,789	3,7886	0,0004	Faibles traces	»
20. »	10 °/ »	8 »	1,8788	1,8787	0,0001	» »	»
21. Tôle d'alum. finement râpée	10 °/ ac. acét. 100 part.	8 »	1,001	0,9982	0,0028	0,0021 Alumin.	»
22. Tôle	5 °/ acide borique	4 »	3,170	3,1699	0,0001	0,0	»
23. »	5 °/ acide phénique	8 »	2,518	2,518	0,0	0,0	»
24. »	5 °/ acide salicylique	8 »	3,7886	3,7885	0,0001	0,0	»
25. »	1 °/ sel de soude en solution	8 »	2,172	2,157	0,0150	0,0138 Alumin.	Faiblement troublé

103,25 kg. L'élasticité de l'aluminium n'atteint que la moitié de celle de la fonte et le tiers de celle de l'acier. Nous empruntons ces données aux études de M. Hunt, président de la *Pittsburg Reduction Company*. Cet ingénieur de talent ne croit pas que l'aluminium pur serve jamais dans la construction ; mais il reconnaît qu'à l'état d'alliage le nouveau métal possède des qualités précieuses (1).

L'aluminium s'unit facilement à un grand nombre de métaux ; ses alliages avec le cuivre sont les plus remarquables.

L'addition de 2 à 8 p. c. de cuivre augmente de beaucoup la rigidité de l'aluminium, comme le démontrent les expériences faites par M. le capitaine Julien au parc aérostatique de Chalais-Meudon (2). Les alliages légers de cuivre-aluminium seront donc généralement préférés à l'aluminium pur dans la construction des machines. Les alliages lourds, les bronzes et les laitons d'aluminium, auront peut-être bientôt l'importance des alliages couramment employés dans les arts.

On désigne sous le nom de bronzes d'aluminium toute une série d'alliages à base de cuivre et renfermant de 3 à 10 p. c. d'aluminium. La couleur des bronzes, leur densité, leur fusibilité et leur dureté surtout, dépendent de leur richesse en métal léger. Aussi les fait-on au titre qui convient le mieux pour le but qu'on se propose. Ces bronzes s'oxydent difficilement, ils paraissent résister, mieux que le métal delta et les bronzes phosphoreux, aux divers dissolvants et en particulier aux solutions alcalines. Le prix des lingots bruts coulés à Neuhausen varie de 2,20 fr. à 2,80 fr. le kilogramme.

(1) Alfred Hunt, *Aluminium : its Manufacture and Uses from an Engineering Standpunt*, JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE, April 1892.

(2) *La Lumière électrique*, 21 mars 1891, t. XXXIX, 556.

D'après les expériences de M. André Le Châtelier (1) l'aluminium incorporé au cuivre depuis 0 à 10 p. c. fournit une série de bronzes de plus en plus résistants à la rupture. MM. Héroult, Minet, Cowles, Ponthière, Edw. Self et nombre d'autres expérimentateurs ont vérifié le fait sur des alliages des provenances les plus diverses (2).

Les laitons d'aluminium diffèrent des bronzes par la présence d'environ 30 p. c. de zinc. Leur teneur en aluminium varie de 1 à 3 p. c. ; elle ne doit jamais dépasser 2 p. c. pour des laitons renfermant 40 p. c. de zinc, car un excès d'aluminium rend l'alliage dur et cassant, à mesure que la quantité de zinc augmente. Le kilogramme coûte de 1,75 fr. à 2,15 fr. suivant le titre de l'alliage.

Les laitons d'aluminium ont des propriétés remarquables qu'on peut faire varier dans des limites très étendues en modifiant leur composition. Ils sont moins malléables que l'aluminium pur, mais plus rigides, plus résistants et plus durs. On peut, avec avantage, les substituer dans une foule de cas aux bronzes ordinaires, au fer et à l'acier.

Depuis que des procédés nouveaux ont abaissé le prix de l'aluminium, on a employé ce métal au suraffinage des fers et de l'acier, au sortir du convertisseur ou du four à sole. Ajouté à l'acier à la dose de trois millièmes au plus, l'aluminium réduit les restes d'oxyde de fer avec plus d'énergie que le silicium et le manganèse généralement employés. Vu les quantités si petites exigées par ce raffinage, on n'est pas exposé à introduire dans l'acier un corps étranger en proportion assez forte pour altérer ses propriétés. Le réducteur s'élimine par oxydation, presque en totalité. Si l'on veut, il n'en reste, à l'état d'aluminium allié, que des traces qui souvent échappent à l'analyse. La pré-

(1) *Comptes rendus*, CIX, 24.

(2) *Moniteur scientifique*, janv. 1892, [4], IV, 39 — Ad. Minet, *L'Aluminium, fabrication, emplois, alliages*, pp. 172 et suiv.

sence d'un peu d'aluminium augmente d'ailleurs la fluidité de l'acier et elle prévient la production des soufflures, par un mécanisme au sujet duquel les métallurgistes sont loin de s'être mis d'accord. M. Le Verrier, professeur au Conservatoire des arts et métiers, à Paris, croit que l'emploi de l'aluminium est appelé à se généraliser pour le traitement de toutes les variétés d'acier (1).

Malgré le développement si complet et si prompt des méthodes d'extraction électrochimique de l'aluminium et le nombre d'applications réussies que ce court aperçu n'a fait qu'effleurer, les débouchés actuels ne suffisent pas et la nouvelle industrie souffre des hésitations propres à toute période de tâtonnements et d'essais. Quelques savants, assez rares d'ailleurs, ne trouvent au métal que des qualités médiocres et beaucoup de défauts. D'autres le proclament propre à tous usages ; à les entendre, il remplacera le fer et l'acier dans un bref délai, et le XXe siècle sera *le siècle de l'aluminium*.

L'aluminium ne mérite ni ce discrédit absolu, ni cette faveur exagérée.

Si le fer se recommande par sa dureté, sa ténacité et son élasticité, par sa production facile et son bon marché; si ces avantages réunis lui assurent, pour toujours peut-être, le premier rang dans l'industrie et les arts ; l'aluminium n'y restera pas à l'arrière-plan. Maintenant qu'on l'obtient couramment en grandes masses et à prix réduit, les propriétés dont il jouit en propre et celles qu'à faible dose il communique à d'autres métaux, semblent devoir vulgariser son emploi pour les applications qui, outre les principales qualités de l'acier, exigent une inaltérabilité plus parfaite et une grande légèreté.

FR. DIERCKX, S. J.

(1) *Revue générale des sciences pures et appliquées*, 2e année. n° 18, 30 sept. 1891, p. 593. — Voyez aussi : Hillairet. *L'Avenir de l'électricité*, REVUE SCIENTIFIQUE, 20 fév. 1892, t. XLIX, p. 228.

A TRAVERS LES ÉTATS-UNIS

La cinquième session des congrès géologiques internationaux qui se tiennent tous les trois ans devait avoir lieu en 1891 à Washington. Un grand nombre d'Européens, voulant profiter de cette occasion de visiter l'Amérique, s'étaient décidés à traverser l'Atlantique. Il faut le reconnaître d'ailleurs, un programme alléchant avait été dressé, bien fait pour vaincre les dernières hésitations des amateurs de lointaines excursions. Comment ne pas se laisser tenter lorsqu'on vous fait miroiter devant les yeux les noms magiques de Montagnes-Rocheuses, Grand Lac salé, Parc National, Grand Cañon du Colorado, etc., etc. ! Rien d'étonnant donc de voir le 2 septembre 1891, après la clôture du Congrès, 97 excursionnistes, dont plusieurs dames, réunis à Washington dans la gare du B. and O. Railway. D'après le programme de l'excursion, il ne s'agissait rien moins que d'un trajet de plus de 12 000 kilomètres à faire en cinq semaines à travers les plaines, les montagnes et les déserts. Il y avait donc de nombreuses difficultés à vaincre dans l'organisation de cette vaste excursion, mais les Américains y avaient pourvu avec ce génie éminemment pratique et cette recherche du confortable qui les distingue.

Dans la gare nous attendait un « solid vestibuled train », comme on les appelle là-bas, composé de quatre wagons-lits Pullman, d'un wagon restaurant et d'un wagon renfermant salle de correspondance, fumoir et salon de coiffure. Ce train ne devait pas nous quitter pendant toute la durée du voyage. Dans les déserts comme dans les grandes villes, il devait s'arrêter partout où il y avait quelque chose à voir, et nous y revenions manger et loger. C'était donc pour nous un véritable hôtel roulant très confortable et réalisant dans les limites actuelles du possible la conception d'une maison à vapeur telle que l'a décrite la féconde imagination de Jules Verne.

Les lecteurs de cette *Revue* n'attendent pas sans doute de moi une description complète des pays et des villes que nous avons traversés. C'est là une tâche qui serait au-dessus de mes moyens, et qui d'ailleurs a été menée à bonne fin par des plumes autorisées. Elles ont en outre fait connaître les traits si caractéristiques du peuple américain ainsi que le prodigieux développement dont il donne actuellement le spectacle.

En présence de l'immense trajet à parcourir et du peu de temps dont nous disposions, nous ne pouvions guère nous livrer à des études de détail ; aussi le programme de l'excursion était-il disposé uniquement de façon à nous donner une idée générale de la structure physique des États-Unis, des rapports de cette structure avec la nature du sol, et enfin des principales sources de la richesse minérale du pays. Ce sont ces points, qui se rapportent plus spécialement au cadre de mes études, que je toucherai dans cet exposé.

Nulle contrée d'ailleurs ne convient mieux que l'Amérique à une rapide étude de géographie physique. Tandis qu'en Europe, par exemple, chaque pays se compose en réalité de régions physiques nombreuses et peu étendues, à tel point que dans cette variété il est difficile de reconnaître des traits généraux, il n'en est pas de même en

Amérique. Là tout semble avoir été fait suivant un plan grandiose en même temps que très simple. Les chaînes de montagnes se poursuivent sur des longueurs inusitées avec une rectitude de direction remarquable ; il en est de même des régions qu'elles délimitent. Cette simplicité et cette grandeur se retrouvent jusque dans les plus petites divisions que l'on peut établir, et c'est là un fait qui frappe dès l'abord les personnes les moins prévenues.

Nous étions donc partis le 2 septembre de Washington, comme je l'ai dit plus haut, en suivant la ligne de chemin de fer Baltimore-et-Ohio, la plus ancienne des lignes du Nouveau-Monde, puisque les travaux ont commencé en 1828. Elle coupe transversalement la chaîne des Appalaches et une longue zone comprise entre cette chaîne et l'Atlantique, dans laquelle se trouvent les États les plus peuplés et les plus anciennement connus. Dans cette zone, les géographes américains ont reconnu l'existence de quatre divisions que nous devions traverser de l'est à l'ouest.

Si l'on jette les yeux sur une carte des États-Unis, on remarque au bord de la mer une région basse, entrecoupée de lagunes et de grands estuaires soumis à la marée, notamment ceux des rivières Chesapeake, Delaware, Potomac. C'est la plaine côtière (Coastal Plain), à la limite de laquelle se trouve Washington. En remontant les fleuves qui la traversent, on trouve sur tous, à une certaine distance, une cascade. Si l'on réunit par une ligne toutes ces cascades, on trace du même coup la limite orientale de la seconde région, la plaine Piedmont. C'est la première que nous ayons vue, et on la traverse dans le Maryland sur plus de 60 kilomètres. Le sous-sol de cette région est constitué par des roches éruptives ou cristallines ; par suite de l'érosion, ces roches prennent des formes arrondies, qui donnent aux collines l'aspect de bosses surbaissées, recouvertes de rares bosquets et de prairies maigres. La végétation à ce moment de l'année est tellement brûlée du soleil et si clairsemée que l'on voit le sol au

travers; ce sol, formé des produits de la décomposition des roches cristallines, est rouge ou jaune d'un éclat très fatigant à l'œil ; aussi l'aspect du pays n'est pas très réjouissant, et ce n'est qu'en avançant vers l'ouest qu'il devient un peu plus animé. A Dickerson, une colline isolée de grès, portant le nom typique de Pain-de-Sucre, domine la contrée. Un peu plus loin, dans la vallée de Frederick, le calcaire apparaît, et par conséquent le terrain devient plus fertile et plus riant. On commence à apercevoir à l'ouest des sommets estompés par une brume bleuâtre; nous comprenons pourquoi l'on a donné à cette nouvelle région le nom de Chaîne Bleue (Blue Ridge). Cette chaîne peut se suivre sur une grande distance, mais elle est très étroite et on l'a rapidement traversée; néanmoins, après que l'on a passé quelque temps sous le climat tropical de Washington, ce n'est pas sans satisfaction que l'on retrouve l'ombre et la fraîcheur des montagnes. Le paysage devient d'ailleurs vraiment beau, surtout lorsque, quittant la chaîne, on débouche à Harper's Ferry dans la quatrième région naturelle, la vallée appalachienne. Juste à cet endroit le Potomac reçoit les eaux d'un de ses plus importants affluents, la Shenandoah, puis pénètre dans la chaîne par un étroit défilé, dominé des deux côtés par des rochers à pic montrant les bancs de grès et d'ardoises contournés qui constituent la Chaîne Bleue. La vallée appalachienne constitue une dépression très continue séparant les Appalaches de la Chaîne Bleue. Elle doit son origine à une érosion chimique. Son sol est occupé en effet par des calcaires qui, se dissolvant constamment, ont donné naissance à une dépression qui se creusait de plus en plus, tandis que les Appalaches et la Chaîne Bleue, composés de roches insolubles, schiste et grès, restaient en saillie. On trouve en Belgique, dans le Condroz, un exemple frappant des mêmes phénomènes. On y voit une série de rides parallèles formées de roches quartzo-schisteuses dominant des dépressions occupées par

le calcaire. Comme en Belgique aussi, le sol de la vallée appalachienne est très fertile, et on y trouve quantité de crevasses ou de grottes où s'engouffrent les rivières (grotte de Luray en Virginie).

A North-Mountain on pénètre enfin dans les Appalaches, qui présentent pour les géologues un intérêt spécial ; car leur structure est depuis longtemps classique à la suite des beaux travaux des géologues américains. Elles se composent d'une série de voûtes et de bassins dont les flancs sont très raides du côté de l'O. et peu inclinés vers l'Atlantique. Les roches dures restent en saillie, tandis que les roches tendres enlevées par érosion donnent naissance à des vallées. — A partir de Hancock commence la partie réellement pittoresque de la route. Pendant 80 km. la ligne suit le Potomac, qui coupe diagonalement les plis qui constituent la chaîne. La pente devient considérable (20 mm. par mètre) ; et dans le but d'éviter les tranchées et les tunnels qui répugnent si fort aux ingénieurs américains, la voie épouse toutes les sinuosités de la vallée, ce qui produit des courbes bien faites pour stupéfier des Européens. Jadis il y avait là des courbes de 90 et 100 m. de rayon, et encore aujourd'hui il en est d'un rayon de 150 m. Aussi il est bon de rester sur son banc si l'on ne veut faire rude connaissance avec les parois du wagon. Très heureusement on oublie aisément les petits inconvénients du railway, car le paysage est splendide. Par moment on se croirait dans la vallée de la Meuse dont les proportions se seraient agrandies : c'est le même aspect des roches, la même végétation, et, comme sur la Meuse, la rivière traverse tantôt des rides, tantôt des dépressions. Une dernière montée nous mène sur un vaste plateau, où la ville de Cumberland étale ses industrieux établissements. Nous sommes en effet sur un des prolongements du fameux bassin houiller de la Pensylvanie, et ici passe la célèbre couche de Pittsburg renfermant de 15 à 20 pieds d'un charbon presque pur.

Après s'être reposée en courant pendant quelque temps encore sur le plateau, la ligne recommence à grimper et on pénètre dans la Virginie occidentale.

A Altamont la ligne atteint son point culminant, à 800 m. d'altitude, et l'on entre dans le bassin du Mississipi. La contrée présente une série de croupes arrondies couvertes de beaux gazons et de belles forêts, où pendant l'été les citoyens de Baltimore et de Washington viennent chercher un refuge contre les ardeurs d'un soleil caniculaire. La descente s'opère aussi rapide que l'avait été la montée, et on atteint bientôt la rivière Cheat, après avoir traversé le dernier grand pli des Appalaches. A Rowlesburg commence une des parties les plus sauvages de tout le voyage. La ligne abandonne la rivière et commence à grimper sur la paroi de la gorge le long d'un gradin taillé à flanc de coteau. Au bout de quelques kilomètres, le spectacle devient superbe ; tandis que dans le fond la rivière s'abaisse de plus en plus, nous nous rapprochons progressivement de la crête. Derrière nous se déroule, comme un immense serpent enveloppant dans ses replis les sinuosités de la gorge, la route que nous venons de parcourir. Depuis le sommet jusqu'au fond, une forêt inextricable couvre tout et cache la rivière elle-même. A un moment donné, la voie surplombe un précipice à pic de 500 pieds, et l'on voit le bout des billes se projeter au dehors. C'est grandiose, mais rien moins que rassurant.

Après avoir atteint la crête, la descente recommence et l'on traverse plusieurs bassins houillers ; et au moment où la nuit commence à tomber, la route se poursuit entre une double rangée de fours à coke dont les flammes blafardes donnent au paysage un aspect étrange. Un peu plus tard dans la soirée, nous traversons à Mannington un bassin à pétrole découvert en 1889. C'est un spectacle fantastique de voir, au milieu d'une profonde obscurité, des flammes énormes étagées sur les deux flancs de la vallée. Partout, dans la ville, dans les champs, dans les prairies mêmes,

des tuyaux, répartis avec une prodigalité inouïe et sans souci de l'avenir, projettent sans ajutage aucun de longues flammes à la façon de torchères agitées par le vent. Le pétrole provenant de ce bassin est conduit directement à Philadelphie par un tuyau (pipe-line), quoique la distance à vol d'oiseau soit bien supérieure à 400 kilomètres.

Pendant la nuit nous avons pénétré dans l'État d'Ohio, après avoir traversé les derniers contreforts des Appalaches. Au matin nous étions dans une région uniformément plate, sous laquelle se trouve le riche bassin à gaz et à pétrole d'Ohio. Le pays est perforé comme une écumoire par d'innombrables sondages, grâce auxquels on peut aisément se rendre compte des conditions sous lesquelles le pétrole s'accumule souterrainement. A une certaine profondeur sous le sol, on trouve une assise épaisse de schistes complètement imperméables formant une voûte gigantesque. Sous cette voûte gît un calcaire poreux silurien dans lequel le pétrole et le gaz se sont amassés, protégés par le manteau de schistes supérieurs. Ce pétrole est en communication avec des réservoirs d'eaux souterraines qui, appuyant sur lui, y développent une pression qui atteint parfois 30 atmosphères. Les trois matières que l'on trouve toujours ensemble dans ces gisements, le gaz, le pétrole, l'eau salée, sont rangées suivant leur ordre de densité : le gaz au sommet du calcaire, le pétrole ensuite, puis tout en bas l'eau salée. Suivant que les puits sont disposés sur le flanc de la voûte de calcaire, ils donnent l'une ou l'autre de ces matières. Les plus favorablement situés sont ceux qui se trouvent vers le sommet de la nappe de pétrole. C'est un spectacle curieux de voir l'aspect actuel de ce pays, uniformément plat et où rien ne semble annoncer les richesses souterraines : de tous côtés on ne voit que d'énormes échafaudages en bois surmontant les puits et se dressant au milieu des arbres et des prairies.

A Bloomdale, nous avons visité un puits artésien à gaz

nouvellement foré jusque 300 mètres de profondeur. En notre présence, on ouvre le robinet de la conduite de gaz. Celui-ci s'échappe alors librement avec un sifflement tellement aigu que nous sommes contraints de nous boucher les oreilles. On approche du feu et le gaz s'enflamme avec un bruit de tonnerre, en dégageant une flamme de plus de 7 m. dont la chaleur nous fait reculer précipitamment. La pression du gaz est de plus de 22 atmosphères, et le puits produit plus de 100 000 mètres cubes par jour. Le gaz doit être, paraît-il, conduit à Détroit, à 200 km. de là.

Remontés sur le train, nous filons à toute vapeur vers Chicago à travers l'État d'Ohio puis celui d'Indiana. Le paysage nous semble bien monotone, surtout après les scènes grandioses des Appalaches. Ici nous sommes en plein dans une des régions à dépôts glaciaires les plus étendues du monde. Tout le pays disparaît sous une épaisse couche de cailloux empâtés dans l'argile, jadis charriés par les glaciers. Retenue par cette argile, l'eau s'amasse partout en petits lacs si caractéristiques des formations glaciaires. De toutes parts s'avancent des collines de cailloux simulant des jetées et se terminant brusquement: ce sont les moraines abandonnées par les glaciers.

En approchant de l'Illinois, le terrain devient un peu plus riant, et bientôt on commence à apercevoir les dunes qui bordent le lac Michigan. Lorsque l'on est au milieu de ces dunes de sable, on se croirait au bord de la mer du Nord. Par des échappées entre les collines, on aperçoit jusqu'aux limites de l'horizon une belle nappe d'eau et les longs panaches de fumée des steamers. Contre le rivage viennent déferler de grandes vagues. En un mot, l'illusion est complète, et l'on se croirait vraiment en présence d'une mer.

Après une courte halte consacrée à visiter Chicago, nous avons poursuivi notre route à travers l'Illinois, puis le Wisconsin. Cette fois nous sommes dans un des pays les plus productifs de l'Amérique. A perte de vue on ne

voit que prairies ou champs fertiles et de riantes habitations en bois. Il y a là un spectacle bien propre à exciter l'admiration des économistes et des agriculteurs; mais je dois dire que les géologues maugréent un peu. Pour eux, ces immenses surfaces planes auxquelles on a donné le nom de *Prairies* ne présentent guère d'intérêt, et c'est sans trop de regret qu'ils voient la nuit arriver.

Le lendemain, au moment du réveil, nous constatons avec plaisir que nous sommes au bord du Mississipi, et ce n'est pas sans émotion que nous admirons pour la première fois le *Père des eaux* et que nous reconnaissons qu'il est bien digne de sa réputation. Quoique loin de son embouchure, il présente une masse d'eau imposante couverte d'énormes trains de bois et coulant entre deux rives fort élevées. Vu surtout par un beau lever de soleil, c'est un spectacle que nous goûtons d'autant plus que la journée précédente s'est passée dans d'interminables plaines. Toujours remontant le cours du fleuve, nous arrivons à un endroit où, s'élargissant considérablement, il prend le nom de lac Pepin; puis nous atteignons les deux Villes-Jumelles (Twin-Cities), Minneapolis et Saint-Paul, capitales du Minnesota, et dont nous avons gardé le plus gracieux souvenir. L'aimable réception que nous ont faite les citoyens de ces deux villes n'est pas étrangère à ce sentiment; mais les deux villes ont en elles-mêmes assez de causes d'attraction. Saint-Paul surtout est une des plus belles cités que nous ayons vues. Elle étale coquettement ses maisons d'un beau rouge et ses nombreux édifices sur les collines qui bordent la rive gauche du Mississipi. Un pont très bizarre incliné part du bas de la ville et va par-dessus le fleuve rejoindre la crête du flanc droit de la vallée. Minneapolis est dans une position moins pittoresque, au centre d'une vaste plaine. C'est là que le Mississipi cesse d'être navigable à cause des chutes de Saint-Antoine. Aujourd'hui on ne peut plus même voir ces cascades, car elles sont entourées de

moulins à farine gigantesques, les plus grands qui existent, et qui empruntent à la cascade une partie de leur force motrice. Les chutes doivent leur origine à une disposition de terrain en tout semblable à celle que nous aurons l'occasion d'étudier plus en détail au Niagara.

Entre les deux villes, le Mississipi traverse une gorge profonde de plus de 60 mètres entre des parois calcaires à pic. En haut, dominant la vallée, on voit les bâtiments du vieux fort Snelling, qui eut son heure de célébrité à l'époque des guerres indiennes. Dans la vallée se trouvent les petites chutes de Minnehaha, formées par un mince affluent du Mississipi. Elles sont fort fréquentées par les citizens (citoyens) des Villes-Jumelles et empruntent leur plus grand charme à la fraîcheur du paysage qui les entoure.

Pendant la soirée et la nuit suivante, nous avons traversé sans nous arrêter le Minnesota et une partie du Dacota Nord, dont les riches plaines ont été ouvertes à la colonisation par le Northen Pacific Railway, inauguré il y a une douzaine d'années. Dans la matinée du quatrième jour, notre train spécial passait à Bismarck, la jeune capitale du Dacota Nord, et quelques instants après traversait le Missouri sur un beau pont de fer. A cette saison le Missouri est loin de présenter l'aspect majestueux du Mississipi. C'est à grand' peine que ses eaux bourbeuses, coulant dans d'étroits chenaux, parviennent à remplir le tiers de son lit. Sur la rive droite du fleuve se trouve la station de Mandan, magasin de curiosités indiennes, dont le nom rappelle seul le souvenir d'une des plus valeureuses tribus, les Mandans, dont les maladies et l'alcool ont fait disparaître jusqu'au dernier représentant.

Dès qu'on a traversé le Missouri, il semble que, par un coup de baguette magique, on ait été transporté à des centaines de lieues de distance. On entre d'ailleurs du même coup dans une nouvelle région physique des États-Unis, à laquelle les géographes américains donnent le nom de « Grandes Plaines. » Elles se composent d'une série de

vastes plateaux arides d'altitude moyenne, fortement creusés par les cours d'eau qui les traversent en descendant des montagnes. On peut les retrouver sur des centaines de kilomètres de largeur, et avec une frappante similitude d'aspect, le long du pied oriental des Montagnes Rocheuses, depuis l'Amérique anglaise jusqu'au Mexique. Elles doivent cette similitude d'aspect à ce que leur surface presque tout entière est occupée par le même terrain : les couches crétacées de Laramie, qui dans le Far-West jouent le même rôle que le terrain houiller en Europe. En effet, quoique d'âge bien plus récent que le terrain houiller proprement dit, elles se composent comme lui de bancs de grès et de schistes avec de nombreuses couches de lignite ou de charbon. Ce sont ces couches de Laramie qui ont fourni aux paléontologistes américains, notamment à MM. Cope et Marsh, tant de précieux restes fossiles que nous avons pu admirer à Philadelphie et à New-Haven. Grâce à ces restes, ces savants ont pu reconstituer une faune d'un aspect si fantastique que l'imagination pourtant si riche des poètes antiques n'a rien créé de pareil.

L'aspect du pays que nous eûmes sous les yeux après avoir traversé le Missouri était tellement fantastique et bizarre que nous n'aurions pas, quant à nous, été fort étonnés de voir surgir tout à coup un de ces monstres apocalyptiques. Nous étions en présence d'un paysage comme on en chercherait vainement ailleurs que dans l'Amérique du Nord. Toute verdure a complètement disparu pour faire place à une maigre végétation composée de cactus et d'un arbrisseau-nain très odorant, le sage-brush *(Artemisia)*, dont les feuilles d'un gris argenté donnent à la contrée une touche de mélancolie. De tous côtés, barrant l'horizon, se dressent les unes derrière les autres des collines coniques et isolées. On voit aisément que ces collines doivent leur origine à l'action des eaux, qui par leurs érosions capricieuses les ont façonnées de mille

manières différentes. Sans grand effort d'imagination, on croit y voir des tours, des coupoles, des bastions ou des ruines dont les arêtes vives se profilent sur un ciel d'une limpidité inaltérable. Ce qui contribue encore à accroître l'illusion, c'est qu'on voit à nu sur le flanc de ces collines les couches qui les composent. Ce sont des bancs de grès qui restent en saillie et simulent des murailles, des schistes et des marnes tendres qui s'étalent en forme de talus. Toutes ces roches sont grisâtres, et on y voit de grandes lignes noires marquant l'affleurement de nombreuses couches de lignites. Fréquemment ces couches de lignites se sont enflammées spontanément, et sont remplacées par les résidus de la combustion, cendres et scories rougeâtres qui, roulant sur les flancs des collines, leur donnent l'aspect de volcans éteints.

C'est lorsqu'on a passé Fryburg en descendant vers le Petit Missouri que le paysage devient le plus étrange et que l'on voit bien caractérisée cette région devenue fameuse sous le nom de Mauvaises Terres (Bad-Lands), que lui donnèrent les premiers trappeurs à cause des difficultés qu'elle opposait à leur marche. Il fallait être doué d'un courage à toute épreuve pour s'aventurer dans ce dédale inextricable, d'une étendue telle que jusque bien tard dans la soirée notre train n'a cessé d'être en vue de ces pays désolés.

Le lendemain dans la matinée nous étions sur la rive de la fameuse rivière Yellowstone, et en même temps nous constations que nous étions entrés dans les premiers contreforts des Montagnes Rocheuses représentés par les Monts Érazy, que nous avons longés jusque Livingston. Là notre train abandonne la grande ligne du Pacifique pour prendre un embranchement de 80 kilomètres qui doit nous mener au bord du Parc National. Longeant la Yellowstone, l'embranchement traverse d'abord une gorge étroite et pittoresque, puis pénètre dans une large vallée dominée des deux côtés par de hautes cimes, entre autres

Emigrant Peak et Electric Peak. Par places, le fond de la vallée est encombré de grandes terrasses de cailloux, vestiges des moraines des anciens glaciers qui jadis recouvraient ces montagnes. Enfin nous sommes au terminus de la ligne à Cinnabar, à 3668 kilomètres de Washington. Ce n'est pas sans étonnement que nous songeons à ce fait, en nous rappelant la rapidité avec laquelle s'est accompli notre voyage, et nous avons beaucoup de peine à nous figurer que nous sommes au cœur des Montagnes Rocheuses. Sur cette terre que nous foulons, il y a 25 ans à peine, erraient en liberté les hordes d'Indiens hostiles. Vers cette époque, on avait commencé à apprendre vaguement, par les récits de ces Indiens ou de trappeurs aventureux, qu'il existait dans ces montagnes une région pleine de merveilles; aussi le gouvernement y envoya-t-il une expédition militaire dans le but de vérifier ce qu'il y avait de vrai dans tous ces récits. Les rapports furent si enthousiastes qu'en 1869 une nouvelle expédition fut envoyée, sous la direction du docteur Hayden, avec mission d'explorer à fond toute la région. On comprend quelle dut être l'émotion de cet explorateur, en qui l'ardeur pour la science s'alliait si bien avec l'amour des beautés de la nature, lorsqu'il parcourut ces pays encore vierges où à chaque pas on rencontrait de nouveaux sujets d'admiration. Aussi à son retour le docteur Hayden ne se fit point faute d'épancher son enthousiasme. Ses récits reproduits par tous les journaux causèrent une grande sensation, surtout aux États-Unis, dont les citoyens furent agréablement surpris d'apprendre qu'ils possédaient dans leur pays une région où les phénomènes geysériens dépassaient en grandiose tout ce que l'on connaissait jusqu'alors. Aussi en 1872 la législature des Etats-Unis, par un acte qui lui fait grand honneur, décida de réserver toute cette contrée comme Parc National. Un territoire de plus de 9000 kilomètres carrés fut ainsi soustrait aux déprédations des colonisateurs. De plus, des postes militaires

veillent sur les plus belles curiosités du Parc et empêchent qu'on ne détériore les concrétions que la nature a édifiées avec tant de patience. Une nouvelle exploration, dont les résultats ont été publiés en 1878, a montré qu'il n'y a pas moins de 3000 geysers, volcans de boue, bassins, etc., sans compter les nombreuses cascades, gorges, lacs, que l'on rencontre à chaque pas. Le gouvernement américain a tenu également à faire du Parc National une sorte de réserve où les forêts fussent à l'abri de la hache des pionniers et où l'on pût encore observer quelques représentants de cette faune américaine qui partout ailleurs a complètement disparu. Là on peut encore admirer en liberté le castor, l'élan, le bison, l'ours et la panthère, et les flancs des montagnes couverts de belles forêts de conifères ne présentent pas cette nudité que l'on reproche aux Rocheuses.

On comprend donc quelle était notre impatience de pénétrer dans cette région fameuse dont le nom seul, synonyme de merveilles, enflammait notre imagination. Combien de fois, en lisant les récits enthousiastes des explorateurs, n'avions-nous pas souhaité voir ces pays dignes des *Mille et une nuits*. Maintenant nos souhaits sont exaucés, nous en sommes à quelques pas; les carrioles sur lesquelles nous franchissons les 10 kilomètres qui nous séparent de notre première halte, semblent aller trop lentement au gré de nos désirs, et nous ne jetons qu'un regard distrait sur le paysage qui nous entoure; et pourtant il en vaut la peine et semble présager ce que nous allons voir. La route, après avoir traversé un plateau aride, s'engage le long d'un affluent de la Yellowstone, la rivière Gardiner. Celle-ci coule dans une gorge étroite dominée par des montagnes à pic où abondent les nids d'aigle; son cours impétueux se brise contre d'énormes blocs ou des troncs d'arbres qui encombrent son lit, et nous avons pour la première fois le spectacle d'une vraie rivière du Far-West. Bientôt apparaît le mont Evarts, dont le sommet

en forme de table est recouvert d'une nappe de lave. Tout d'un coup, à un détour de la route, la vallée s'élargit, et nous voyons devant nous s'étaler sur le flanc d'une colline une série de terrasses d'une blancheur éclatante couronnées par un panache de vapeur. Nous saluons avec joie le Mammoth Hotsprings, et les chevaux semblant comprendre notre impatience nous amènent à fond de train devant un immense hôtel en bois. De la véranda de cet hôtel, on jouit d'un magnifique coup d'œil sur une grande plaine entourée comme d'un cirque de hautes montagnes aux tons grisâtres, relevés par places par les taches d'un vert sombre des forêts de conifères. A droite, dévalant du sommet d'une colline, s'étagent des terrasses dont l'éclat attire le regard. On croirait voir une cascade subitement pétrifiée, gardant encore la blancheur de son écume. Nous approchant de plus près, nous voyons d'abord une protubérance calcaire de 5 à 6 mètres de hauteur, à laquelle sa forme caractéristique a fait donner le nom de Bonnet Phrygien. C'est la cime d'un geyser éteint. Devant nous, se détachant de la masse principale des dépôts, se dresse une sorte de gigantesque baptistère ; c'est la « Chaudière ». Sur son sommet plan se voient plusieurs bassins remplis d'une eau bouillonnante dégageant des torrents de vapeur d'eau sulfureuse. L'eau qui déborde de ces petits bassins s'écoule par des chenaux, se précipite toute bouillante par-dessus les bords de la colline. Là elle est recueillie dans une série de conques étagées à toutes hauteurs et accolées comme des bénitiers aux parois à pic de la Chaudière. C'est un spectacle charmant de voir toutes ces vasques aux bords bizarrement festonnés remplis d'une eau chaude aussi limpide que le cristal. Lorsque ces vasques sont pleines, l'eau déborde et s'écoule le long des parois en couche très mince qui, frissonnant sous le souffle du vent, semble rouler des perles brillantes. Dans toutes ces eaux pullule une riche végétation d'algues de couleurs variées, rouges, vertes, jaunes ou grises suivant les

espèces, et vivant chacune dans une température différente ; les couleurs variées, se mêlant à la teinte blanche éclatante des dépôts, produisent l'ensemble le plus chamarré que l'on puisse rêver. Aussi, de loin, la Chaudière ressemble-t-elle à un énorme pot à couleur débordant. A droite de la Chaudière se voient les Terrasses de Minerve et de Cléopâtre, les plus belles de la localité. Les Terrasses de Cléopâtre surtout sont d'une beauté féerique. Que l'on se représente les plus belles pétrifications de la grotte de Han vues non plus à la lueur de lampes fumeuses, mais à la brillante clarté du soleil. Comme elles, elles sont d'une blancheur d'albâtre immaculé, car l'eau chaude les ayant abandonnées, toutes les algues colorées ont disparu. Ce sont de grandes vasques supportées comme par des colonnes de stalactites et de stalagmites. Au sommet de la masse de travertins à laquelle se rattache la Chaudière, s'étale un vaste plateau blanc où l'on rencontre à chaque pas, ici des bassins d'eau bouillante, là des cavités d'où s'échappent des vapeurs sulfureuses qui tapissent les parois de jolis cristaux de soufre. D'un des côtés du plateau se détache, vers la forêt, une crête d'une centaine de mètres de longueur et dont le sommet présente d'un bout à l'autre une fissure par où se fait jour sous toutes sortes de formes l'activité geysérienne. Tantôt l'on voit un petit bassin grand comme la paume des deux mains; plus loin c'est un geyser en miniature sous forme de jet d'eau de 25 centimètres de haut et gros comme le tuyau d'un porte-plume ; plus loin encore c'est une crevasse où l'on perçoit le glou-glou de l'eau bouillonnante. Il y a là comme un résumé de tout ce que nous avons vu, et c'est par là que nous finissons notre première journée, nous arrachant avec peine à la contemplation de toutes les merveilles qui nous environnent.

Le premier aperçu du Parc National n'a pas trompé notre attente; aussi, le lendemain matin, c'est avec une sorte d'impatience fébrile que nous nous préparons à

commencer notre tournée. De bonne heure s'aligne devant l'hôtel une file de carrioles traînées par six chevaux et dont l'aspect rappelle assez bien celles que Buffalo-Bill a promenées à travers l'Europe. Hâtons-nous d'ajouter que nous avons dû convenir qu'elles valent mieux que leur mine, car elles résistent admirablement par les chemins innommables que nous avons parcourus pendant six jours.

En quittant l'hôtel, la route passe d'abord au pied des sources d'eau chaude qu'elle laisse bientôt en arrière; puis, toujours grimpant, elle traverse une de ces forêts incendiées comme on en trouve à chaque pas dans les Rocheuses. Nous ne cessons pourtant pas d'admirer le coup d'œil qu'elles présentent avec leurs arbres décharnés tantôt noirs comme l'ébène, tantôt blancs ou grisâtres et entrelacés dans le désordre le plus pittoresque. Au sortir de cette forêt, notre caravane s'engage dans un défilé dont la sauvage grandeur en fait un des plus beaux points de vue du Parc. C'est la Golden Gate, la Porte d'or, et c'est bien là la véritable entrée du Parc. La route s'avance hardiment sur une corniche taillée dans une paroi presque verticale et surplombant une profonde gorge. De l'autre côté de celle-ci se dresse tout d'un coup une montagne aux flancs escarpés, le Pic Bunsen. A un dernier coude de la route nous voyons les deux parois de la gorge former en s'écartant une sorte de cirque, et tout à l'arrière-plan une rivière, sentant le terrain manquer devant elle, s'élance d'un jet au fond du cirque. Le spectacle est surtout grandiose lorsque, avant de quitter la cascade, on jette un coup d'œil en arrière par la crevasse. On revoit alors la route serpentant capricieusement le long de la gorge, et dans le fond, par une échappée, on distingue la plaine encerclée de montagnes où sont les dépôts des Mammoth Springs. Après ce défilé, la route suit longtemps un vaste plateau assez monotone où il n'y a guère à voir que les carcasses de bisons et de cerfs que l'on rencontre fréquemment, et d'autre part les cimes bleuâtres d'une chaîne de montagnes qui domine le plateau.

Après avoir franchi la crête de partage, nos carrioles descendent rapidement et nous conduisent au bord d'un lac près de la falaise, Obsidian Cliff. Nous mettons pied à terre, car c'est un point intéressant pour les géologues. La falaise tout entière est en effet composée de nappes successives d'obsidienne (ou verre de volcan). Une de ces nappes en se refroidissant a pris la forme de prismes comme l'on en voit fréquemment en Auvergne. Bientôt les marteaux sont à l'œuvre et s'abattent avec fracas sur les roches. Dans cette vallée tout à l'heure si recueillie, on se croirait maintenant dans une carrière en pleine activité. Quand l'avidité des collectionneurs commence à se ralentir, on jette un regard sur le lac et on constate avec plaisir que c'est un lac de castors, comme son nom l'indique (Beaver Lake). Nous voilà donc enfin en présence des œuvres de cet industrieux animal dont nous avons tant entendu parler. Nous distinguons en effet le barrage formé de troncs au moyen duquel ils ont forcé la rivière à s'étaler dans le fond de la vallée. Nous voyons même leurs demeures s'élever au-dessus des eaux : ce sont des masses brunâtres de la dimension et de la forme d'une roche; mais malheureusement les hôtes sont partis. Malgré l'active surveillance qu'on exerce dans le Parc, il y a deux ans toute la bande a été capturée par d'incorrigibles trappeurs. Heureusement il en subsiste encore dans d'autres parties du Parc. Remontant dans nos véhicules, nous côtoyons une série de lacs formés sans doute aussi par des castors, puis après avoir gravi une crête ardue, nous arrivons dans le bassin des geysers Norris. Là la route se bifurque. Un embranchement se dirige vers les geysers, un autre remonte la rivière Gibbon vers le cañon du Yellowstone. C'est celui que nous avons suivi, et nous n'y avons vu qu'une chose digne d'admiration : ce sont les chutes Virginia. Là la rivière, dans le cadre d'un frais paysage, étale ses eaux azurées et écumantes sur une série de gradins inclinés. Passé la cascade, la route gagne un

plateau aride bien fait pour engendrer l'ennui par sa longueur et sa monotomie. Sa seule utilité est d'agir comme repoussoir et de faire valoir d'autant plus les merveilles que nous allons voir. Aussi c'est un cri unanime d'admiration lorsque, après quelques minutes d'une descente vertigineuse, nous tombons tout à coup dans la gorge du Yellowstone. Nous nous précipitons à bas de nos véhicules, car ce ne sera pas trop de tous nos yeux et de tout notre temps pour admirer tout ce qu'il y a à voir. C'est d'abord la chute supérieure, qui se précipite à angle droit d'une hauteur de 34 mètres en faisant jaillir à la base un nuage énorme de vapeur blanche. Plus bas la rivière, comme insoucieuse du sort qui l'attend, coule doucement en décrivant une gracieuse courbe autour d'une colline. Là nous commençons à entendre comme un tonnerre lointain le bruit de la cascade inférieure. Nous précipitons nos pas, et c'est en courant que nous arrivons sur une sorte de promontoire qui, à côté de la chute, s'avance hardiment au-dessus de l'abîme. Devant le spectacle merveilleux et étrange qui s'offre alors à nos regards nous restons pendant longtemps comme pétrifiés. A côté de nous, nous voyons la rivière, perdant tout à coup son calme, s'élancer d'un jet dans le vide à plus de 100 mètres de profondeur; mais à peine parvenue à moitié chemin, elle se pulvérise et se déploie en un majestueux panache de vapeur. Devant nous s'ouvre une gorge profonde et sinueuse, dont les parois présentent un assemblage de couleurs tellement inusitées que l'on se demande si l'on est encore sur la terre. Ce sont uniquement les tons jaunes, oranges et rouges qui dominent et qui sont dus à la décomposition des roches par des émanations de vapeurs sulfureuses ou ferrugineuses. Au fond de cette gorge, on voit se tordre la rivière roulant des flots d'un bleu d'azur, tandis qu'au sommet se déploie une sombre et verte forêt de conifères. Tout cela constitue bien le plus étrange paysage que l'on puisse rêver.

A ce moment le soleil allait se coucher et ses derniers rayons doraient la crête de la gorge, tandis que dans le fond l'obscurité s'épaississait de plus en plus et qu'une brume bleuâtre semblait envelopper les objets. La nuit était déjà tombée, que nous étions encore là attentifs, écoutant les modulations majestueuses de la cascade. Nous avions encore toute la matinée du lendemain pour revoir ces merveilles; aussi, dès les premières lueurs du jour, nous étions là alors que la vallée était encore remplie d'un impénétrable brouillard. Mais bientôt, sous l'action d'un soleil radieux, nous vîmes les vapeurs se dissiper rapidement, laissant apparaître petit à petit les détails du paysage entrevu la veille. En longeant la crête de la gorge vers l'aval, des spectacles nouveaux s'observent à chaque pas. Tantôt, du sommet d'une falaise à pic, nous plongeons nos regards jusqu'au fond et nous surprenons dans leurs nids les vautours-pêcheurs qui seuls peuvent descendre dans ces abîmes. Çà et là une source thermale jaillit des fissures des rochers et mêle ses vapeurs aux embruns de la rivière. Le plus joli coup d'œil est certes celui que l'on a du Point-Inspiration qui s'avance comme un promontoire au travers de la rivière. A droite en amont s'étend, sur huit kilomètres environ, la gorge avec ses parois aux tons jaune clair fantastiques, et au dernier plan la cascade, que l'on voit de face dans sa majestueuse grandeur. A gauche en aval la gorge se poursuit, mais, par un contraste frappant, les roches inaltérées ont gardé leurs couleurs sombres et noirâtres qui donnent à cette partie un caractère sauvage et imposant. C'est bien là un endroit capable, comme son nom l'indique, d'inspirer l'admiration pour les beautés de la nature.

On voudrait s'arrêter longtemps, mais le temps impitoyable ne s'arrête pas, et nous avons encore une longue étape à parcourir ce jour-là jusqu'au lac de Yellowstone. Au-dessus des chutes, la rivière coule dans une large et belle vallée qui offre le plus frappant contraste avec les

gorges qui se trouvent en aval. A voir la rivière rouler paresseusement ses eaux dans un lit large et peu profond, on ne dirait jamais que c'est la même qui plus bas se livre à de si furibonds ébats.

Les flancs de cette belle vallée, à laquelle on a donné le nom du célèbre explorateur Hayden, sont couverts de ces conifères particuliers que l'on retrouve partout dans les Montagnes Rocheuses et qui, avec leur troncs élevés et grêles sans aucune branche, semblent couvrir les montagnes d'une forêt de poils géants et hérissés. En traversant les prairies arides qui tapissent le fond de la vallée, à tout moment nous tournons la tête avec inquiétude, croyant entendre les flammes courir derrière nous ; et ce n'est qu'après un certain temps que nous découvrons que ce crépitement est dû à des milliers de criquets dont le bruit particulier imite à s'y méprendre le pétillement de la flamme dans le bois sec. Nous avons également pu admirer ce jour-là sur notre route deux curiosités bien intéressantes. La première est celle que l'on appelle les monts Cratères. C'est une vaste colline perforée tout entière de fissures d'où s'échappent des vapeurs sulfureuses. Si l'on examine de plus près ces fissures, on voit qu'elles sont tapissées de beaux cristaux de soufre. Mais gare à l'imprudent qui avance trop rapidement la main pour les saisir : il la retire plus rapidement encore, trop heureux si la brûlante vapeur ne l'a pas échaudée. En agissant avec précaution on peut se procurer des plaques couvertes de jolies cristallisations.

Au pied de la colline se trouve un petit bassin parfaitement circulaire, au centre duquel l'eau soulevée par de puissantes bulles de vapeur s'élève à quelques mètres de hauteur comme une fleur gracieuse, mais qui parfois, prise d'un accès subit, bouspille ses trop confiants admirateurs.

Quant à la seconde curiosité, c'est le Geyser de boue (Mud-Geyser), qui se trouve aussi au pied d'une colline,

dans un recoin solitaire où l'on croirait voir l'antre d'un fauve. C'est une grande fosse dont le fond est rempli d'une boue noirâtre continuellement agitée par la vapeur; par moments même on voit se former une énorme bulle de plusieurs mètres de tour qui éclate tout à coup en éclaboussant les parois de la fosse. Ce spectacle se renouvelle à tout instant, et l'on croirait qu'il y a là au fond quelque géant affligé d'un hoquet incurable.

Remontés en carrioles, nous ne tardons pas, du haut d'une montée, à apercevoir à l'horizon une vaste nappe azurée; nous saluons avec enthousiasme le lac de Yellowstone, qui étend, à plus de 2300 mètres de hauteur, une surface de 360 kilomètres carrés. Un petit steamer attend les excursionnistes qui désirent faire un tour sur le lac ; mais quelques-uns, en quête de sensations plus intimes, préfèrent rester au bord pour savourer à leur aise le superbe paysage que nous avons sous les yeux. Justement le temps est à souhait, et du haut d'une falaise dominant le lac, nous voyons la nappe tranquille refléter le pur azur du ciel çà et là parsemé de nuages blancs moutonnés.

Quelques îles sont éparses çà et là, comme pour rompre la monotonie de cette vaste surface, et tout autour s'étend le plus beau cadre de montagnes qui se puisse voir. Parmi ces montagnes, on remarque surtout la chaîne dentelée dont la forme spéciale lui a fait donner, dans la langue imagée des trappeurs, le nom de Tetons (the Tetons). Il nous serait difficile d'oublier le merveilleux spectacle qu'elles nous offrirent vers le soir lorsque, rougies par les feux du soleil couchant, elles se reflétaient dans l'azur du lac, produisant de riches teintes violettes dont la nature est si avare. Je dois même avouer que la contemplation de ces beautés nous a fait prêter une oreille assez distraite à l'exposé des curiosités de la région. Il y a là pourtant un fait géographique assez rare, auquel les Américains donnent le nom de « Two Ocean Pass » : ce sont des vallées élevées qui, lors de la saison des pluies, commu-

niquent à la fois avec les cours d'eaux des deux océans, supprimant ainsi la crête de partage. Grâce à cette communication, les poissons du bassin du Pacifique pénètrent dans le Yellowstone et descendent tout son cours en sautant les cataractes ; mais ils ne peuvent remonter dans ses affluents qui sont tous barrés par des chutes.

Dans les environs du lac de Yellowstone on rencontre des fauves et notamment des ours en assez grande quantité. C'est à tel point que la veille de notre arrivée on avait télégraphié du jardin zoologique de Washington de procurer un ours, celui du jardin venant de mourir, et déjà ce jour-là nous pouvions admirer dans une caisse en bois le futur maître Martin de Washington. Sans doute ses confrères voulurent-ils le venger, car le lendemain nous remarquâmes tout autour de l'hôtel de nombreuses traces de griffes formidables, et l'on constata même, paraît-il, quelques larcins dans une cuisine écartée.

Ce jour-là nous avions devant nous la perspective d'une rude étape, car il s'agissait de 60 kilomètres à parcourir pour franchir la crête qui nous séparait de la fameuse rivière Fire-Hole (Trou de feu). La montée ne présente rien de bien intéressant, car on s'élève assez insensiblement jusque près de 2700 mètres sur un large plateau ; la descente est plus pittoresque du moment où l'on a passé un joli petit lac solitaire à ces hauteurs. Il arrive même un moment où, contemplant du haut d'une montagne la profonde vallée où l'on doit descendre, on se demande avec inquiétude par où l'on peut passer. De tous côtés les pentes rapides de la montagne sont couvertes d'une de ces forêts américaines inextricables où les arbres unis fraternellement dans la mort se penchent les uns sur les autres. Mais nos véhicules s'engagent résolument dans un chemin à peine tracé, raviné par les eaux, et qui, nous le reconnaissons bientôt, n'a pas volé le nom qu'il porte, d'Escalier du diable.

D'enormes blocs de pierre arrondis entravent le chemin

sur lequel on saute à plaisir ; aussi, par une mesure de précaution dont nous apprécions fort la sagesse, on nous fait descendre de voiture. Arrivés dans le fond de la vallée, nous jetons un coup d'œil en arrière, et en voyant serpenter la route vertigineuse que nous venons de suivre, nous nous étonnons qu'il n'y ait eu aucun accroc. Le reste de la route se poursuit plus paisiblement jusque dans le bassin inférieur de geysers (Lower Geyser Basin) que nous traversons sans nous arrêter, devant le revoir plus tard. Puis nous remontons la vallée d'une des branches du Fire Hole. A peine y avons-nous pénétré que, par un de ces coups de baguette magique si fréquents dans le Parc, nous voyons devant nous un tableau étrange. Sur la rive droite de la rivière, une vaste terrasse d'une blancheur de neige a fait place aux sombres forêts. Du haut de cette terrasse s'élève un épais nuage de vapeur, tandis qu'au bord quelques ouvertures, semblables à la gueule d'un four et aux parois multicolores, jettent à la rivière des ruisseaux d'eau bouillante. Ceux-ci, en ruisselant en cascade sur le flanc de la terrasse, produisent l'effet le plus bizarre sur la blancheur des dépôts. L'eau elle-même est d'un bleu foncé, et de part et d'autre s'étalent successivement à côté une bande rouge puis une bande verte. On dirait que la capricieuse nature a jeté là des drapeaux éclatants.

Dès que nous sommes arrivés au sommet de la terrasse, nous voyons s'étaler devant nous une énorme vasque remplie d'eau bouillante, d'un bleu intense et profond, qui déborde sans cesse sur les dépôts qui l'entourent. Quand elle est éloignée à une certaine distance et par conséquent refroidie, toute une population d'algues d'un beau rouge vient s'y établir. Plus loin encore, et dans les eaux de plus en plus refroidies, s'établissent les algues jaunes et puis les algues vertes. Tout cela forme autour des bassins des bandes colorées du plus bel effet. Elles sont surtout remarquables autour de ce bassin-ci auquel elles ont valu

le nom de Geyser Prismé (Prismatic Geyser). Nous voudrions rester là quelque temps pour admirer à notre aise, mais, comme le Juif-errant, il nous faut marcher toujours, poussés non par le destin mais par la curiosité.

Au bout de quelques kilomètres, nous arrivons enfin à la partie la plus curieuse du Parc, au bassin supérieur où, dans une vallée assez petite, on ne voit pas moins de 500 geysers, parmi lesquels se trouvent tous ceux qui sont les plus célèbres par leurs éruptions et par la beauté de leurs dépôts. La journée est très avancée, aussi nos véhicules nous entraînent rapidement ; mais à chaque pas c'est une nouvelle merveille que l'on découvre, et les cris d'admiration éclatent de toutes parts. Au moment même où nous arrivons devant l'hôtel, nous voyons un puissant jet d'eau jaillir d'un monticule. C'est le geyser le Vieux-Fidèle qui est en action. En un clin d'œil tout le monde est à terre, courant à toutes jambes dans la direction du cratère.

A ce moment l'éruption est dans toute sa beauté, et nous voyons jaillir devant nous, à plus de 75 mètres de hauteur, un puissant jet d'eau bouillante, s'élançant comme par spasmes avec des torrents d'eau et de vapeur. Cette eau ruisselle en abondance sur les flancs du monticule, remplissant les crevasses et déposant partout les corps qu'elle tient en solution. Au bout de cinq minutes, comme épuisé par les efforts qu'il vient de faire, le géant souffle plus faiblement, le jet s'abaisse progressivement et finit par rentrer dans le cratère. On se précipite alors au sommet et l'on se trouve en présence d'une crevasse assez étroite, du fond de laquelle s'élève encore avec bruit un jet de vapeur ; mais bientôt on n'entend plus que le gargouillement des bulles qui crèvent dans l'eau. Le géant va se reposer pendant 65 minutes, puis, au bout de ce temps, avec une régularité qui ne s'est jamais démentie depuis vingt ans qu'on le connaît, ce serviteur fidèle et bon enfant recommencera ses exercices pour les curieux.

Seul dans le Parc il présente cette régularité parfaite ; aussi est-ce une justice rendue à ses bons services que de lui avoir donné le nom de Vieux-Fidèle.

Lorsque l'éruption est bien terminée, nous jetons un coup d'œil sur le monticule qu'elle a lentement formé avec tant de patience. Ici l'on admire un minuscule bassin dont la paroi est tapissée d'une substance moutonnée. Là on heurte du pied des concrétions qui ressemblent à s'y méprendre à des éponges pétrifiées ; en les regardant à la loupe, nous voyons qu'elles se composent d'une infinité de perles translucides. Tous ces dépôts sont agencés suivant les formes les plus bizarres et les plus exquises, et le tout, continuellement lavé par des douches d'eau bouillante, resplendit de propreté et d'éclat. Dans la soirée, nous avons pu admirer une éruption à la lueur d'un énorme feu de bois, dont les flammes rougeâtres se reflétant dans la colonne d'eau et de vapeurs produisent un effet saisissant. Ce mot de feu de bois me rappelle également que ce n'est pas sans un certain sentiment de crainte que nous sommes allés nous coucher ce jour. On le comprendra aisément quand on saura que notre hôtel était en carton, en vulgaires feuilles de carton clouées sur des lattes de bois. Tout cela n'aurait fait qu'une flambée, et en songeant au sans-gêne bien connu des Américains pour ce qui regarde l'incendie, nous pouvions craindre sérieusement de nous voir réveiller par des flammes qui n'auraient eu rien de geysérien. Mais heureusement l'hôtel n'était pas à dix-neuf étages, comme certaines maisons de Chicago ; il n'avait qu'un étage, et tout autour s'étendait un moelleux tapis de mousse qui semblait tout prêt à nous recevoir. Cette pensée nous rassura et nous fit même trouver assez plaisante cette idée de dormir dans une maison en carton.

Le lendemain matin, à notre réveil, nous constatons avec plaisir qu'il pleut. Cela peut paraître étrange au premier abord. Mais il est certain que la vallée présente un effet bien plus imposant par la pluie. L'air, étant alors déjà

saturé de vapeur, ne peut plus dissoudre celle que lancent les geysers, dont le panache paraît ainsi incomparablement plus développé que nous ne l'avions vu la veille. De tous côtés du fond de la plaine, parmi les arbres des forêts, s'élèvent vers le ciel de puissants jets de vapeur qui, ne pouvant continuer à monter, planent sur la vallée. On se croirait dans quelque antre de Vulcain. Quand nous eûmes pu ainsi admirer le paysage sous son aspect imposant, le soleil complaisant voulut bien dissiper tous ces nuages et ses rayons brillants, fouillant jusqu'aux moindres recoins, y firent étinceler une multitude innombrable de merveilles. Lorsque je me rappelle la délicieuse journée que nous avons passée là, et que, fermant les yeux, il me semble voir défiler devant moi les spectacles inoubliables dont nous nous rassasiâmes, je sens la plume me tomber des mains. La seule énumération des joyaux que renferme cette mystérieuse vallée remplirait un volume, à plus forte raison serait-il impossible de vouloir suivre la nature sur un terrain où elle triomphe par la magie des couleurs et de la lumière et par l'étrangeté des procédés. On ne s'étonnera pas donc de ne trouver ici qu'une sèche description de quelques curiosités marquantes.

Lorsque, quittant le plateau où trône le Vieux-Fidèle, on s'avance au bord de la rivière, on voit sur la rive droite de celle-ci une vaste terrasse toute blanche de dépôts siliceux sur laquelle s'étalent quantité de ces bassins polychromes si nombreux dans le Parc. Dans les intervalles se dressent quelques monticules, qui sont les cônes de geysers actifs. C'est d'abord la Ruche d'abeilles, petite protubérance d'environ un mètre, présentant exactement la forme et la couleur d'une ruche. Au centre, elle est percée d'un tube d'où s'élance lors de l'éruption un mince jet d'eau à plus de 150 mètres de hauteur. Malheureusement la ruche est très capricieuse dans ses manifestations, et, loin d'imiter la régularité de son voisin le Vieux-Fidèle, elle se fait quelquefois attendre pendant des

semaines. Plus loin, sur une sorte de piédestal, est groupée étroitement toute une famille de geysers: c'est le Lion, la Lionne et le Lionceau. En voyant l'aspect moutonné des roches jaunâtres qui les constituent, et en entendant le grondement souterrain des eaux, on croirait vraiment que ce sont là des fauves endormis mais bien pacifiques, car on peut s'en approcher sans crainte et surprendre tous leurs secrets.

Plus on avance, plus les merveilles deviennent nombreuses; on ne sait bientôt plus de quel côté donner de la tête; mais une des plus attrayantes est certes la source Beauté. Figurez-vous un bassin d'une dizaine de mètres de largeur et d'une profondeur inconnue. Le bassin est rempli de cette belle eau, comme on n'en voit que dans le Parc, d'un bleu profond et d'une transparence telle que l'on distingue jusque très bas les parois verticales. Parfois un souffle de vent enlève la légère buée qui plane sur le bassin, et la surface de l'onde frissonne doucement en produisant des scintillements d'une douceur infinie.

A côté de cette source se trouvent trois geysers que n'éclipse pas trop la beauté de leur voisin. Parmi eux le Turban Geyser se fait remarquer par ses bords festonnés et par de grosses concrétions qui font saillie à la surface de l'eau, et dont la forme rappelle assez bien celle d'un turban. Tout près de ces trois geysers s'en trouve un tout petit qui n'existe que depuis trois ans. Comme il n'a pas encore eu le temps d'obstruer son canal par ses dépôts, son action est très régulière et très rapide et on y peut bien saisir le mécanisme des éruptions. Son bassin forme une petite cuvette parfaitement régulière, avec un trou au fond et généralement vide. Quand l'éruption approche, on voit l'eau monter et remplir la cuvette, puis des bulles de vapeur viennent crever à la surface qui se gonfle; l'on voit alors sortir un jet qui monte rapidement à une dizaine de mètres, mais qui ne dure que quelques instants; puis un vide semble se produire en dessous et l'eau rentre

en tournoyant dans la profondeur. Toute l'eau qu'il rejette retombe dans son bassin sans qu'il en sorte une goutte; aussi l'a-t-on baptisé « Economical Geyser ». Au bord de la rivière nous avons ensuite rencontré le geyser Riverside, dont l'orifice est braqué obliquement comme un obusier vers la rivière. Nous avons eu la chance, après quelques instants d'attente, de le voir entrer en éruption. Son jet se projetant obliquement retombe dans la rivière en décrivant une courbe gracieuse, et pendant plus de vingt minutes il ne cesse d'agir sans donner de signes de fatigue. Nous n'avons pas été aussi heureux avec le Ventilateur, que nous avons vainement attendu. Ce dernier est accompagné d'un petit geyser que l'on appelle Indicateur, parce qu'il se met toujours en action un peu avant l'autre. Mais quoique l'Indicateur eût fonctionné, l'autre s'est obstiné à ne pas se montrer, et nous n'avons eu que les ronflements sonores qu'il pousse continuellement.

Pendant que nous étions là à attendre, tout à coup l'on crie : « La Grotte est en éruption ». Vite nous y courons, et nous nous trouvons en face d'un bizarre entassement de rochers. Figurez-vous deux cavités en forme de grottes accolées et précédées comme d'une sentinelle par une roche droite et cylindrique semblable à un champignon. En ce moment il sort des deux grottes des jets d'eau bouillante se projetant très bas vers le sol, au point que l'on dirait une baleine rejetant de l'eau par ses deux évents. Non loin de la grotte se dresse une sorte de cylindre, ressemblant à un vieux tronc d'arbre dont il ne resterait plus qu'une écorce de 4 mètres de haut, et fortement ébréché d'un côté. C'est le Géant, le roi de la vallée au point de vue des éruptions ; car il lance à plus de 150 mètres de haut un jet d'eau d'un mètre de diamètre, d'une rectitude et d'une majesté uniques. A côté de la route, dans une prairie, se dresse, à environ un mètre au-dessus du sol, un bassin en forme de coupe appelé le Bol de punch. Il est rempli d'une eau bleue et fumante, et tout au-

tour sur les parois s'étalent des taches jaunes et vertes. On croirait qu'un peintre en passant a jeté là sa palette sur l'herbe.

Pour finir, je citerai encore le Château, dont les dépôts disposés en une masse imposante simulent assez bien un château en ruines. Mais pendant que, courant d'une merveille à l'autre, nous allons d'admiration en admiration, nous oublions que les heures se passent. Nos conducteurs, familiarisés par l'habitude avec tous ces spectacles, ne l'oubliaient pas, eux, et à moins que de se laisser abandonner dans les solitudes, il fallut bien se décider à regret à remonter en voiture. Quelques instants après nous jetions un regard d'adieu à toutes ces connaissances avec lesquelles nous avions passé des heures si agréables, et nous filions à toute vitesse vers le bassin à geysers inférieur.

Les deux plus jolies et les plus curieuses choses de ce dernier sont, certes, la Fontaine et le Pot à couleur. La Fontaine est un geyser jaillissant qui se dresse sur une sorte de plateau. En attendant son éruption, qui se fit assez désirer, nous admirions son bassin dont les bords sont agréablement découpés. A la surface de l'eau s'étalent quelques concrétions aplaties qui rappellent à s'y méprendre des feuilles gigantesques de nénuphars. Pendant longtemps l'eau du bassin resta si parfaitement calme que nous commencions déjà à désespérer, quand tout à coup, sans crier gare, une gerbe d'eau jaillit du bassin, se dressant à une grande hauteur, flanquée de toute part de petits jets secondaires. La puissance de ce jet était telle que tout le diamètre du bassin en était rempli, et cela formait un ensemble aussi majestueux que varié. Nous étions amplement récompensés de notre courage à attendre; et en même temps, autour de la Fontaine, quantité de petits geysers, comme entraînés par l'exemple de leur puissant voisin, se mettaient en action dans tous les sens. — Après la fin de l'éruption, nous sommes allés voir une curiosité d'un autre genre, le Pot à couleur.

Dans une clairière d'un bois de sapin, on voit quelque chose que je ne puis comparer qu'à ces monticules que les maçons dressent devant les constructions pour mélanger leur mortier. Il y a là en effet une flaque énorme de boue blanche bordée tout autour d'une sorte de rebord peu élevé; cette boue est continuellement agitée par des vapeurs qui viennent crever avec bruit à sa surface en formant de grandes bulles blanches. Parfois même une bulle plus grosse éclate en éclaboussant les curieux trop empressés.

Ce sont là, comme j'ai dit, les deux plus belles curiosités de ce bassin ; mais que de choses encore il faudrait citer pour être complet ! Passons donc rapidement, car il nous reste encore à voir le bassin à geysers Norris, à une trentaine de kilomètres plus loin. La route ne semble pourtant pas longue, car une bonne partie du temps on longe la rivière Gibbon, qui coule dans une crevasse pittoresque. A un certain endroit, la vallée est brusquement interrompue par un rocher de 25 mètres de haut, à la surface duquel la rivière étale gracieusement ses eaux azurées. La route serpentant plusieurs fois au-dessus de la cascade permet d'admirer à l'aise le spectacle. En approchant de Norris Basin, nous eûmes un moment de curiosité. Un jet de vapeur blanche sortait de dessous les arbres, et en même temps nous entendions un bruit ressemblant au sifflement d'une locomotive sous pression. Nous mettons pied à terre et bientôt nous voyons que c'est un tour de l'activité geysérienne. Un puissant jet de vapeur sort avec bruit nuit et jour d'une crevasse de rochers. C'est ce qu'on appelle le Grondeur Noir. Une centaine de mètres plus loin, la route domine une vallée dont le fond, quoique très large, est sur une grande longueur entièrement revêtu d'une couche blanche de dépôts geysériens. De toutes parts on y voit étalés des bassins et on y remarque des panaches de vapeur. C'est le Norris Basin. Quoiqu'il ne renferme pas moins de 14 geysers actifs, il nous a moins intéressé que les autres. Il perd beaucoup,

je crois, à être vu après ses deux rivaux. En quittant le Norris Basin nous avons repris la route que nous avions déjà suivie en venant, nous avons revu le Lac des Castors et la falaise d'obsidiennes, et enfin nous sommes rentrés à l'hôtel des Mammoth Springs.

Là se termine notre cycle merveilleux. En songeant à cette semaine, qui avait passé comme dans un rêve enchanté, nous avions peine à rassembler nos idées, et nous étions encore comme étourdis mais heureux d'avoir pu contempler tant de merveilles. Ce n'était pas sans une certaine crainte que nous avions abordé le Parc National. On pouvait appréhender qu'il ne fût en dessous de la haute idée que d'avance on s'en faisait. C'est là un écueil redoutable que le Parc a surmonté à son honneur, car la nature y a réalisé ce qu'aucune imagination ne pourrait concevoir. A tous ceux qui me liront je conseille de ne pas s'en faire une idée d'après ces pages incolores, et je leur souhaite d'aller à leur tour goûter le plaisir dont j'ai joui dans le Parc National.

Nous avons rapidement franchi les quelques kilomètres qui restaient à faire pour sortir du Parc. En arrivant à Cinnabar, dois-je l'avouer ? en revoyant notre train qui nous attendait fidèlement, nous avons tous ressenti ce sentiment de bien-être que l'on éprouve en rentrant chez soi après un long voyage. C'est certes un étrange chez soi qu'une voiture de chemin de fer à 12 000 kilom. de son pays, mais cela prouve bien que tout est relatif. Maintenant que nous sommes confortablement installés dans notre car et qu'il y a encore quelques heures avant qu'il ne reprenne sa route, c'est peut-être le moment de jeter un regard en arrière et de se demander les causes de ce que nous venons de voir. Pourquoi y a-t-il tant de geysers dans le Parc ? Comment les geysers peuvent-ils produire leurs éruptions ?

Sur la première question, il serait assez difficile de donner une réponse certaine. On rattache générale-

ment les phénomènes geysériens à l'activité volcanique, et de fait, dans les autres régions où se trouvent des geysers, en Islande et en Nouvelle-Zélande, il y a des volcans actifs. Dans le Parc, s'il est vrai que l'activité volcanique y a jadis été très considérable, depuis longtemps il n'en est plus de même. La structure géologique du Parc est d'ailleurs d'une grande simplicité. Une nappe énorme de lave, recouvrant plusieurs kilomètres carrés, enveloppe presque tout le Parc en ne laissant à découvert les terrains inférieurs qu'au sommet des montagnes les plus élevées et sur une étroite bordure au nord du Parc. C'est dans cette bordure que jaillissent les Mammoth Springs à travers des terrains calcaires ; c'est pour cela que seule cette source forme des dépôts calcaires, alors que toutes les autres sources, jaillissant à travers la nappe de lave, qui est très siliceuse, forment des dépôts siliceux.

Si l'on n'est pas fixé sur la cause de la richesse du Parc National en geysers, il n'en est pas de même du mécanisme par lequel les geysers peuvent faire jaillir des jets d'eau naturels. Jadis on a eu recours, pour expliquer ce phénomène, à l'intervention d'un système très compliqué de cuvettes et de siphons grâce auxquels l'eau était expulsée périodiquement par le geyser. Cette hypothèse, admissible s'il ne s'agissait que d'un geyser, ne peut plus se soutenir quand il y a comme ici des centaines de geysers à expliquer. On ne peut pas supposer en effet que les conditions compliquées, nécessitées par cette hypothèse, soient réalisées des centaines de fois. Le célèbre physicien Tyndall a proposé une théorie qui paraît beaucoup plus vraisemblable, car elle n'exige que des conditions extrêmement simples, partant facilement réalisées dans la nature. On sait que l'eau, à la pression ordinaire, ne peut pas s'échauffer au delà de 100°, mais qu'il n'en est pas de même sous pression. Prenons, comme l'a fait Tyndall, un long tube en fer rempli d'eau bouillante, et chauffons-le fortement à une place quelconque vers le bas. L'eau à cet

endroit est soumise à une pression plus ou moins forte du fait de la colonne d'eau supérieure qui pèse sur elle ; elle est donc susceptible de s'échauffer au delà de 100°, d'autant plus que la colonne d'eau sera plus élevée. Les vapeurs qu'elle produit acquièrent alors une tension de plus en plus forte ; et si l'on continue à chauffer, il arrivera un moment où les vapeurs, voulant s'échapper, auront une tension assez grande pour projeter tout à coup au dehors la colonne d'eau qui pèse sur elles. Tyndall a ainsi réalisé des éruptions de geysers artificiels. Les conditions requises sont d'ailleurs si simples, un tube et une source de chaleur, qu'elles doivent se rencontrer aisément même plusieurs centaines de fois.

De bonne heure, dans la matinée du douzième jour, le train abandonnait définitivement le Parc National et quittait Cinnabar pour Livingston. Là, reprenant la grande ligne du Northern Pacific, nous poursuivions notre trajet vers l'ouest. La ligne remonte d'abord la rivière Billman, et passe à Cokedale à côté d'une des plus importantes mines de charbon à coke crétacé. On traverse ensuite de vastes plaines alluviales où coulent les rivières Gallatin, Madison et Jefferson. En approchant de la station de Willowcreek, les montagnes, qui jusque-là s'étaient tenues à une grande distance, se rapprochent insensiblement, et lorsque l'on a passé la station, la voie ferrée s'engage le long de la rivière Jefferson dans une série pittoresque de gorges ou cañons aux parois verticales, montrant d'une façon bien nette les roches qui les composent.

Dans une de ces gorges, le Jefferson Cañon, notre train a stoppé pour nous permettre d'étudier une curieuse exploitation de placers aurifères. Ces placers se composent de graviers, de sables, d'argiles déposés par les rivières et dans lesquels l'or se trouve répandu généralement vers le bas, sous forme de paillettes ou de pépites. Cet or provient de la désagrégation par les eaux des filons

aurifères qui affleurent sur les flancs des montagnes avoisinantes. Dans l'exploitation de ces dépôts, les mineurs américains sont arrivés progressivement à inventer une méthode d'extraction très curieuse, qu'ils appellent méthode hydraulique. Elle est basée sur une imitation très intelligente des procédés employés par la nature pour la formation des placers. Nous avons bien pu étudier ce genre d'exploitation dans le Jefferson Cañon. On concentre l'eau par un barrage dans les montagnes, puis cette eau est amenée sous pression par un canal fermé de 11 kilomètres jusque dans la mine. Là, on la projette avec des tuyaux en jets puissants sur l'amas de gravier. Celui-ci se désagrège, et ses éléments sont entraînés par le courant de l'eau dans des canaux ouverts en bois, appelés *sluices* (écluses), dont le fond est tapissé par place de mercure. Les particules d'or, qui sont beaucoup plus pesantes que les autres matériaux, se tiennent dans le bas du courant et, en passant au contact du mercure, s'amalgament avec celui-ci et sont ainsi retenues. Les graviers devenus stériles continuent leur chemin et vont se déverser plus loin en formant des monticules énormes. Au bout de quelque temps, on recueille l'amalgame de mercure et on le chauffe dans des cornues ; le mercure distille et l'or reste au fond. Ce procédé exige si peu de frais de main-d'œuvre, que l'on peut traiter avec profit des graviers ne renfermant que quelques grammes d'or par mètre cube. Cette méthode d'exploitation est surtout en action dans la Californie, et sur une si vaste échelle, que la face de certaines régions en est complètement changée. On y avait déblayé les montagnes et comblé les vallées, à tel point que la législature a dû intervenir pour qu'on n'ensevelît pas sous des monceaux de débris les plus fertiles terrains de l'État.

X. STAINIER.

(La fin prochainement.)

DE L'INFLUENCE

DES DOCTRINES DE L'ÉCONOMIE POLITIQUE CLASSIQUE

SUR

LE SOCIALISME SCIENTIFIQUE (1)

I. — Le *corps de doctrine* du socialisme, d'après l'auteur du *Socialisme intégral*. Place qu'y occupent les doctrines économiques ; comment elles s'y rattachent.

II. — La doctrine économique du socialisme procède des théories de l'école dite *classique* ou *anglaise*, et notamment des enseignements de Malthus sur la population, d'Ad. Smith sur la valeur, de Turgot et de Stuart Mill sur le salaire, de Ricardo sur la rente.

III. — Pessimisme de l'école anglaise. Des prétendus axiomes de l'économie classique l'on peut et l'on doit logiquement conclure que l'organisation économique est viciée dans l'essence de sa constitution. Réfutation de ces théories.

IV. — Conclusion. Part de vérité qu'il faut dégager dans les erreurs socialistes. On ne peut nier la crise sociale. Le *principe* de la propriété, et le salariat qui en est la conséquence, doivent être maintenus ; mais le *régime* de la propriété comme celui du salariat doivent être modifiés. De quelques facteurs de la réforme sociale.

I

L'objet de cette étude, c'est la filiation des doctrines économiques du socialisme.

Il importe, avant de l'aborder, de préciser la place qu'occupent, dans le *corps de doctrine* du socialisme, les théories qui sont relatives à l'économie politique.

(1) Conférence faite à la Société scientifique de Bruxelles, le 27 avril 1892

Le socialisme possède-t-il donc un *corps de doctrine?*

Demandons-le à l'un de ses représentants autorisés.

Nous choisirons, si vous le voulez bien, M. Benoît Malon... Sans recourir au procédé à la mode de *l'interview*, nous pourrons nous contenter d'ouvrir le premier volume de l'ouvrage qu'il a intitulé *Le Socialisme intégral.*

Quel est-il, ce socialisme intégral qui, d'après les sommités scientifiques du parti, doit faire le bonheur de la société où vivront nos arrière-neveux ?

Voici comment le définit M. B. Malon : « Le socialisme, écrit-il, n'est pas seulement la justice économique et la transformation sociale, il est aussi la régénération mentale, c'est-à-dire en son ensemble la rénovation intégrale de l'humanité progressive entrant dans un cycle nouveau de civilisation supérieure » (1).

Pour aller tout de suite au but, demandons à l'auteur ce que deviendront dans la société ainsi régénérée les institutions que l'on considère d'ordinaire comme en étant l'indispensable fondement : la religion, la famille, la propriété.

M. B. Malon traite la question religieuse dans le premier volume de son ouvrage, au chapitre v, relatif à l'évolution de la morale et dédié à ses frères de la L .·. *Le lien des peuples et les bienfaiteurs réunis.* A son avis, le Décalogue, que nous considérons comme le code de la morale universelle, est *parfaitement insuffisant.* « L'homme social, dit-il, n'a pas que des devoirs négatifs, il a aussi des devoirs positifs. La sagesse jéhovique ne paraît pas s'en douter. »

Que si l'on réclame une appréciation plus clémente de cette sagesse au nom de considérations historiques, l'auteur a prévu l'observation et y répond ainsi : « Objectera-t-on qu'au moment de sa promulgation, le Décalogue fut la *moins mauvaise* des lois morales? Nous sommes encore obligés de nier avec preuves irréfragables à

(1) Troisième édition. Avant-propos.

l'appui. » M. Malon préfère, en effet, les règles de morale du chapitre cxxv du *Rituel funéraire égyptien,* interprété par Champollion et « en vigueur quinze cents ans avant l'époque où la légende juive raconte qu'un prêtre égyptien tira le petit peuple juif de la servitude pharaonique et lui donna le décalogue. »

La morale chrétienne trouvera-t-elle grâce auprès de l'auteur? Peut-être,... en tant qu'elle semble un écho du bouddhisme.

M. Malon croit d'ailleurs que la doctrine de l'Église catholique est conforme à l'erreur de Calvin sur la prédestination. A l'entendre, l'Église enseignerait que Dieu a créé une grande partie de l'humanité pour la damnation, et il prétend en trouver la preuve dans les enseignements de saint Paul, qu'il appelle « Paul de Tarse, le véritable fondateur du christianisme. »

Il reconnaît pourtant que « malgré saint Paul et saint Augustin », il est des chrétiens qui croient aux œuvres. Bien naïf serait-on néanmoins en s'imaginant que cette objection gêne l'exégèse de M. Malon : il se contente de dire des « chrétiens qui admettent qu'il faut travailler à l'avènement de la justice dans l'humanité », — que « leurs œuvres sont en rébellion contre leur foi. »

Voilà tout le cas que fait l'auteur du *Socialisme intégral,* de la religion chrétienne dont les progrès sont associés depuis vingt siècles à tous ceux de la civilisation dans le monde !

Quel avenir le socialisme réserve-t-il à la famille qui est l'assise fondamentale de la société ?

Et d'abord que deviendra le mariage ?

« On peut concevoir que le mariage futur aura pour condition le choix révocable des intéressés, choix libre et basé uniquement, comme il convient, sur les affinités intellectuelles, morales et physiques » (1).

(1) P. 355.

La situation faite à l'enfant dans la famille ainsi entendue se devine.

« Les socialistes des partis ouvriers sont tous partisans de l'émancipation de la femme, de l'entretien et de l'éducation des enfants par la commune ou par l'État; ils diffèrent sur le point de savoir si les unions de l'avenir seront ou non consacrées par la loi; mais tous admettent qu'elles doivent être fondées sur le libre choix affectif et être résiliables quand le sentiment qui les inspira n'existe plus. Compte tenu, bien entendu, des devoirs moraux contractés vis-à-vis de l'autre conjoint, si soi seul on s'est détaché, et vis-à-vis des enfants » (1). Comprenne qui pourra! Si M. Malon prétend nous donner dans cette conception un exemple de l'état mental de l'humanité régénérée, celui-ci nous paraît aussi immoral qu'incohérent, s'il n'est pathologique.

Faut-il insister?

« Le mauvais de la famille actuelle, ce n'est pas la monogamie, qui est la forme la plus digne de l'union des sexes et qui subsistera avec de nombreuses améliorations. C'est plutôt la quasi-indissolubilité légale, la subordination légale de la femme. Comprendra-t-on bientôt que l'on ne fait pas œuvre morale en mettant purement et simplement la foi conjugale dans les chaînes et sous les verrous? »

Il nous faut bien répéter : Comprenne qui pourra! A la vérité, l'emploi du langage actuel pour la description du futur état social a joué un bien vilain tour à M. Malon. L'indissolubilité du mariage n'enchaîne la foi conjugale que par des liens idéaux. On ne peut en Occident appeler ceux-ci des chaînes et des verrous que par pure métaphore. Quant à parler de foi conjugale dans un état social hypothétique où les unions seront résiliables quand le sentiment qui les inspira n'existera plus, c'est pure incohérence. Si le détachement unilatéral suffit à rompre

(1) P. 352.

l'union, il ne peut plus être question de foi conjugale. Si au contraire il faut le consentement bilatéral, que devient le libre choix affectif et le droit de résilier au gré de celui-ci ?

Le socialisme condamne la propriété individuelle et réclame la mise à la disposition de l'État des forces productives et des produits. Cette conception économique pourrait être réalisée, paraît-il, de différentes manières. Sans compter le communisme qui supposerait la gestion directe de l'État, il y a, d'après M. B. Malon, jusqu'à neuf formes du collectivisme qu'il définit : « L'inaliénabilité des forces productives mises sous la tutelle de l'État. Ce dernier les confie temporairement et moyennant redevance à des groupes professionnels. Dans les groupes professionnels, la répartition se fait au prorata du travail; quant à la consommation, elle est entièrement libre — les charges sociales remplies. »

Cela n'est pas bien clair. Cette définition pourrait faire croire aux non-initiés que la logique et le socialisme intégral sont en brouille complète et irréductible. Si les moyens de production ne sont à la disposition de l'État que moyennant redevance, le collectivisme ne mettra fin ni aux accaparements, ni à la concurrence, et son but est manqué. Si l'on répond que chacun sera en état de payer la redevance et que celle-ci sera la même pour tous, alors pourquoi une redevance?

Ou le collectivisme n'a point de raison d'être, ou il doit empêcher que nul ne s'approprie tout le fruit de son travail et surtout la chose à laquelle il a appliqué son travail. Or cette prohibition supprime le ressort même de l'activité économique et tarit dans sa source le progrès social.

Il est possible à présent de se faire une idée synthétique du socialisme. Il procède du matérialisme, et nie la responsabilité morale et sociale de l'homme, soit qu'on le considère comme membre de la société religieuse, de la société domestique ou de la société civile.

La morale fondée sur la crainte de Dieu et de ses jugements est égoïste, d'après M. Malon, qui ne paraît point comprendre que l'obéissance à la volonté de Dieu et la crainte révérentielle de ses ordres réalisent la fin objective de l'homme — c'est-à-dire le plan providentiel — en même temps que sa fin subjective. M. Malon préfère une morale plus altruiste, mais qui, manquant de base, dégage en définitive l'homme de la responsabilité, vrai moteur de nos facultés morales.

En est-il une meilleure preuve que l'organisation de la famille rêvée par le socialisme? L'enfant élevé par l'État, les père et mère dégagés du devoir d'éducation, ce stimulant puissant de l'activité économique des individualités sociales, qui est en même temps le plus bel apanage de la paternité. Ici encore la responsabilité est méconnue, supprimée.

C'est la volonté de la Providence d'attacher, dans tous les ordres où peuvent se développer les facultés de l'homme, des conséquences infinies à des actes finis. Le socialisme méconnaît cette vérité en niant la propriété comme il nie la religion et la famille.

Si le socialisme, c'est le matérialisme appliqué aux rapports sociaux, comment peut-on rattacher sa doctrine économique à celle de l'école économique orthodoxe ou classique, dont les docteurs furent incontestablement des tenants des théories spiritualistes?

L'explication est dans ce rapprochement. Tout en proclamant dans le domaine des vérités morales l'existence du libre arbitre chez l'homme abstrait, les économistes classiques professent un véritable fatalisme social plus ou moins conscient, mais très net en tous cas. Ils proclament l'impuissance sociale des facultés psychiques. Leur pessimisme très accentué, comme on le verra, dès l'abord accepté par les adeptes du socialisme, a conduit ceux-ci, par le procédé logique de l'induction, à considérer les

lois fatales, obscures et déprimantes de l'être social, tenues pour des dogmes scientifiques par toute l'école anglaise — non comme la manifestation d'un Principe intelligent, créateur et régulateur du monde physique et du monde moral, mais bien comme le produit de forces purement physiques.

La théorie de la lutte pour la vie n'a point passé du domaine de la biologie dans celui de l'économie politique, mais bien au contraire du domaine de la science économique dans les sciences naturelles. C'est la lecture de l'*Essai sur le principe de population* de Malthus qui a inspiré Darwin.

Par contre, l'influence de Darwin amena naturellement les sociologues matérialistes d'outre-Manche à admettre la lutte pour mode normal de l'évolution dans le monde économique, aussi bien que dans le monde physique. Telle fut la doctrine économique de Herbert Spencer. Pour l'économiste bourgeois et théoricien, elle aboutit au libéralisme le plus outré. Dans le domaine pratique aussi elle s'accommode des formes les plus brutales de la lutte, comme l'ont récemment encore prouvé les anarchistes en divers pays.

Mais ces solutions excessives et d'ailleurs purement négatives ne sont évidemment pas satisfaisantes. N'oublions pas que les premiers socialistes sont des théoriciens nourris de la pure doctrine de l'école anglaise. Nous avons prononcé le nom de Darwin : l'on a dit de son système qu'il serait prouvé quand seraient retrouvés les êtres intermédiaires qu'il suppose. Pour l'évolution des doctrines économiques, le théoricien qui relie les docteurs de l'école classique à Marx et à H. George en passant par Rodbertus-Jagetzow et Marlo existe : c'est Stuart Mill.

II

L'exposé des doctrines de l'école anglaise sur les questions si intimement liées de la *population* et de la *rémunération du travail* nous fera voir comment de faux axiomes ont fourni un fondement prétendument scientifique à la conception socialiste de l'organisation économique.

Cette conception, loin d'être *négative* comme la conception libérale, consiste au contraire dans le groupement des forces économiques, et dans l'organisation de la production de la richesse par l'État. Dans ce système, l'État, seul détenteur juridique des moyens de production, répartira ceux-ci à titre temporaire entre les membres de l'armée industrielle ; ces derniers travailleront sous les ordres et la surveillance de fonctionnaires administratifs; enfin le produit de leur travail reviendra à l'État, qui pourvoira à l'entretien de tous.

Tout cela est parfaitement logique, si vraiment l'initiative et l'effort individuels sont impuissants à réaliser le bien-être collectif et le progrès social. Aussi comprend-on aisément que pareille conception est la résultante de la réaction contre le système économique de l'école libérale, qui aboutit logiquement à l'esclavage du prolétariat ou à l'anéantissement des classes qui possèdent.

Nulle théorie ne caractérise mieux l'enseignement social de l'école classique que celle de Malthus. D'après ce philanthrope, toute augmentation de la population expose le peuple aux maux les plus effroyables. La doctrine de Malthus, défenseur convaincu mais malheureux de la propriété, est devenu l'héritage du socialisme qui l'a recueilli sous bénéfice d'inventaire. Il a admis seulement que la loi de la concurrence a pour effet de faire de l'augmentation de la population une source de bénéfices nouveaux pour les riches, dont le pouvoir s'en accroît, et une source de calamités pour les pauvres, dont la misère s'en

accroît de son côté. D'après le socialisme, l'intensité de la richesse des riches comme de la pauvreté des pauvres est en raison directe de l'augmentation de la population ; mais ce phénomène est la conséquence de l'institution de la propriété individuelle, et non de l'insuffisance des ressources de la nature comme le prétendait Malthus.

S'il est imprudemment admis *d'emblée* que la constitution sociale souffre d'un vice organique et que ce vice ne peut résulter que du principe de population ou bien de l'institution de la propriété privée, il devient impossible de réfuter les théories économiques du socialisme. Car l'homme est la vraie richesse sociale et le plus précieux des capitaux. C'est d'ailleurs ce que reconnaît l'école classique.

Dans ses *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations,* qu'on peut considérer comme l'évangile de l'économie politique classique, Adam Smith considère le travail comme la source unique de la valeur. Or, le collectivisme est en germe dans ce faux concept. Émile de Laveleye a montré, avec sa pénétration et sa clarté habituelles, l'influence décisive de l'axiome classique sur le développement des doctrines socialistes : car si toute valeur vient du travail, il importe d'assurer pour rémunération au travailleur la valeur entière du produit, et pour assurer toujours au travailleur cette rémunération adéquate, de soustraire les moyens de production à l'appropriation individuelle. Cette dernière conséquence est d'autant plus rationnellement déduite que les moyens de production sont supposés n'avoir aucune valeur intrinsèque, et n'en acquérir que par l'appropriation et l'accaparement.

Il en résulte que la part du travailleur se réduit à ce que le capitaliste veut bien lui abandonner dans la valeur du produit.

Il en résulte encore que toute l'augmentation de la richesse produite n'enrichit que les détenteurs du capital, et les propriétaires fonciers en particulier.

III

Les doctrines sur lesquelles est basé l'enseignement économique du socialisme, sont en relation immédiate avec la rémunération du travail. C'est qu'envisagée au seul point de vue matériel, la question sociale est et n'est qu'une question d'estomac, comme les socialistes allemands se plaisent à le dire. Le régime du salariat est d'ailleurs le corollaire du régime de la propriété privée, de sorte que la critique du premier met en cause l'organisation économique tout entière.

Nous ramenons à ces trois affirmations les objections formulées par le socialisme au sujet du salaire :

La première fixe les conditions normales de ce qui ne peut même plus s'appeler le partage du prix, car « la valeur totale du produit devrait échoir au travailleur. »

Les deux autres établissent que la part insuffisante du travail est fatalement insuffisante.

Deuxième proposition : « Non seulement la valeur totale du produit n'est pas attribuée au travail, mais dans l'organisation économique actuelle cette rétribution ne peut s'élever au-dessus des stricts besoins. »

Troisième proposition : « Loin de s'améliorer, le sort de la classe ouvrière devient plus malheureux à mesure que s'accroissent la population et la richesse produite. »

On retrouve ces affirmations dans l'enseignement de tous les docteurs en socialisme. Chacune d'elles peut cependant être rattachée au nom d'un socialiste célèbre, quand ce ne serait que pour aider la mémoire.

La première sert de point de départ au terrible réquisitoire dressé par K. Marx contre le capital.

La seconde a reçu de Lassalle une dénomination à laquelle le nom de cet agitateur restera attaché : c'est la loi d'airain des salaires.

Enfin l'idée fondamentale du livre fameux de Henry

George — et qui est indiquée dans le titre même de cet ouvrage : *Progrès et Pauvreté,* — est résumée dans la troisième proposition.

Ces propositions sont directement appuyées sur des aphorismes de l'école anglaise, aphorismes tenus *jusqu'en ces derniers temps* (1) pour des vérités démontrées.

1. L'illégitimité de la formation du capital et de l'appropriation individuelle est basée par K. Marx sur cet aphorisme d'Ad. Smith, que « toute valeur vient du travail. »

2. Quant à la loi d'airain, qu'est-ce, sinon cette formule de Turgot, tenue par toute l'école anglaise pour une vérité démontrée : « En tout genre de travail, il doit arriver et il arrive en effet que le salaire de l'ouvrier se borne à ce qui lui est nécessaire pour se procurer sa subsistance » ?

3. Enfin le collectivisme agraire de Henry George repose sur les constatations prétendues de Ricardo au sujet de la culture du sol, qui l'ont conduit à formuler sa célèbre loi de la rente. D'après Ricardo, économiste anglais mort en 1823, la terre est originairement sans valeur. Elle est plus demandée à mesure que la population augmente, et des sols de moins en moins fertiles sont successivement mis en exploitation. Il en résulterait que la rente — c'est-à-dire cette portion du loyer du sol qui représente le prix de sa fécondité naturelle relative — augmente en raison directe de l'accroissement de la population. Il a été aisé à Henry George de conclure de là à l'illégitimité de la propriété foncière. Car Henry George admet comme Marx que toute valeur vient du travail, et si la loi de Ricardo est vérifiée, il en résulte que seuls les propriétaires fonciers profitent — et profitent indûment — de tout l'accroissement de la richesse produite.

(1) Parmi ceux qui ont réagi contre le dogmatisme classique, citons P. Leroy Beaulieu, Léon Say, É. de Laveleye.

La première formule qu'il nous faut examiner, c'est l'aphorisme célèbre d'Adam Smith : *Toute valeur vient du travail.*

Dans la pensée de l'écrivain, cette formule a un *sens historique et polémique.* Montesquieu l'avait constaté avant l'économiste anglais : les peuples qui ont progressé ne sont point ceux que la nature avait favorisés davantage au point de vue du sol et du climat, mais ceux que les conditions de la vie physique où ils se trouvaient placés ont forcé au travail.

Aux théories de l'école mercantile qui fait consister la richesse dans la possession des métaux précieux, l'école d'économistes qu'on a appelés les « physiocrates » opposa une théorie différente et vit dans la terre la vraie source de la richesse. C'est par réaction contre l'école physiocratique que l'école anglaise affirma que « toute valeur vient du travail. »

Envisagée en elle-même, la formule est ou bien un truisme ou bien une erreur.

Un truisme, si l'on entend par valeur cette utilité spéciale que l'homme peut ajouter aux choses par son travail.

Une erreur, si l'on entend dire que les choses n'ont d'autre utilité que celle qu'elles acquièrent par l'adaptation de l'œuvre de l'homme.

Erreur évidente, car l'application de l'effort humain à la transformation ou au déplacement d'une chose, suppose l'utilité de cette chose. L'homme qui applique son effort aux choses proclame l'antérieure utilité de ces choses, bien loin de prétendre qu'il la crée. Cette observation reste vraie, si scrutant de plus près le sens du fameux aphorisme, on considère qu'il a pour portée précise de formuler cette règle : le travail est la mesure de la valeur échangeable. C'est ainsi que l'ont compris d'ailleurs et les exégètes orthodoxes, comme Dunoyer et M. Baudrillart, et les exégètes hétérodoxes, comme Proudhon et K. Marx. A la vérité, la valeur d'échange résulte de l'utilité de la

chose, jointe à sa rareté. A chacun de ces deux éléments, le travail de l'homme peut avoir ajouté et très inégalement. Il peut même avoir créé la rareté ; mais le travail seul ne saurait produire l'utilité.

Signalons ici une objection d'autorité. On lit dans l'Encyclique du 15 mai 1891 : « Le travail est la source unique de la richesse des nations. » Telle que l'entend le Saint-Père, cette affirmation n'est la condamnation ni de l'appropriation individuelle, ni de la formation du capital. Elle n'a qu'une portée restreinte. D'après l'Encyclique, une portion équitable, mais une portion seulement du prix du produit, doit revenir au travail.

En bonne théorie, une partie, mais une partie seulement du prix de la chose, fixée d'après la part même qui revient au travail dans ce prix, doit constituer le salaire.

L'aphorisme de Turgot équivaut à nier que cette répartition puisse se faire équitablement, c'est-à-dire de façon à ce que le travail reçoive une rétribution adéquate à l'augmentation de valeur qu'il a produite.

Voici cet aphorisme : *En tout genre de travail, il doit arriver et il arrive en effet que le salaire de l'ouvrier se borne à ce qui lui est nécessaire pour se procurer sa subsistance.*

Ce pessimisme est basé sur l'action déprimante de la concurrence sur le salaire.

A la suite de Turgot, les économistes de l'école anglaise considèrent que le grand nombre des ouvriers, en surchargeant d'offres le *marché des bras*, amène l'ouvrier à livrer son travail au moindre prix possible, en d'autres termes au prix qui suffit seulement à lui permettre la satisfaction stricte de ses besoins les plus impérieux.

C'est là une affirmation gratuite.

La *doctrine du salaire nécessaire,* comme on l'appelle, est fausse ainsi entendue. Sans doute *il y a un salaire nécessaire* au-dessous duquel la rémunération du travail ne saurait être abaissée. C'est une vérité que M. de la

Palisse ne contredirait pas. Mais au nom de quelle constatation confond-on le salaire *minimum* et le salaire *normal?*

C'est là une première réponse.

L'aphorisme de Turgot peut donner lieu à l'examen des points suivants : Comment il a reçu un fondement prétendument scientifique dans l'enseignement de Ricardo et de Stuart Mill, en d'autres termes, dans la théorie du fonds des salaires ; — comment Mill et les économistes qui l'ont suivi échappent aux conséquences dernières de leur théorie en conseillant aux classes pauvres la limitation de la fécondité ; — le démenti que les faits donnent à la théorie ; — la cause de son étrange fortune.

Et d'abord, qu'est-ce que *le fonds des salaires?*

« Il y aurait dans chaque nation une sorte de réserve destinée à être distribuée entre les travailleurs manuels, à fournir les salaires, et que ceux-ci dans leur ensemble ne pourraient dépasser. Tous les efforts des ouvriers ne pourraient arriver à faire hausser leur propre rétribution tant que ce prétendu fonds des salaires ne se serait pas naturellement accru. » Stuart Mill surtout a développé cette théorie, ajoute M. Leroy Beaulieu à qui nous empruntons sa définition (1).

Exposons, à l'encontre de cette théorie, *la théorie vraie du salaire.*

C'est à l'aide du capital que le salaire se paie ; mais le rôle utile, indispensable même du capital consiste en une simple avance. En dernière analyse, c'est le consommateur du produit qui rétribue le capitaliste et l'ouvrier. Mais le capitaliste sert d'intermédiaire, de banquier et d'assureur : il met la matière première à la disposition de l'ouvrier, lui paie son travail sur l'heure et prend à sa charge l'aléa de la vente. Ce n'est que lorsqu'il vend *en perte* que l'industrie supporte, et pour une part, le paiement du salaire.

Le salaire est avancé par le capitaliste, mais sa mesure, c'est le produit, non le capital.

(1) *Essai sur la répartition des richesses*, 3e édit., p. 380.

C'est si vrai que l'ordre chronologique des faits que nous avons indiqué comme normal n'est pas toujours observé. Si le capital est rare, il arrive que ce soit le travail qui fasse crédit au capital. C'est même le cas ordinaire pour la partie du salaire qui se paie en argent, dans les régions agricoles où les ouvriers ne reçoivent leurs gages qu'après que le fermier a encaissé le prix de la récolte.

Les salaires sont en relation avec la production actuelle à laquelle concourt la main d'œuvre, et non avec le capital déjà acquis (1).

Le salaire n'est qu'une fraction du prix de la chose, celle qui correspond au travail manuel. Il s'ensuit que la somme des salaires payés dans une société augmente avec les produits.

La théorie contraire, celle du salaire nécessaire, admet d'ailleurs l'amélioration progressive des salaires, comme conséquence de l'enrichissement de la société — et de la limitation corrélative de la fécondité.

« La loi d'airain, dit M. Cauwès, c'est la fatalité de l'insuffisance des salaires, et la théorie du fonds des salaires, l'inefficacité des efforts que pourraient faire les ouvriers pour y échapper. » Il est bien vrai que les socialistes insistent surtout sur cette inefficacité. Cependant elle n'est pas absolue. Stuart Mill indique lui-même le remède au mal : *la limitation de la fécondité*. L'augmentation de la population ouvrière, au contraire, dans l'hypothèse du fonds des salaires, fait baisser le salaire. La logique de Stuart Mill est ici irréprochable.

« Le nombre des travailleurs a augmenté, écrit-il : leur condition a déchu dans la même proportion ; ils partagent entre plus de têtes le produit de la *même somme de travail* qu'auparavant. » Comme si la quantité de travail ne devait pas augmenter avec la population et le nombre des bouches à nourrir ! Mais l'enseignement de Stuart Mill est dominé par la croyance aux *lois de Malthus*.

(1) Cf. Cauwès. *Précis d'économie politique*, t. II, n° 817.

« Un marché surchargé d'ouvriers, avait dit Malthus, et de forts salaires à chacun d'eux sont deux choses parfaitement incompatibles. » C'est là un truisme, rien qu'un truisme, comme aussi d'ailleurs l'aphorisme plus connu de Cobden : « Le salaire baisse quand deux ouvriers courent après un maître; le salaire monte quand deux maîtres courent après un ouvrier. » C'est évident; mais pareille affirmation n'est pas le moins du monde démonstrative. Ce qu'il faudrait prouver, c'est que l'augmentation de la population multiplie anormalement l'offre de travail. Nous le nions résolument, bien que l'examen des faits ne laisse pas que d'être assez délicat.

Il faut admettre, avec Bastiat et la généralité des adversaires de Malthus et de son école, que tout homme produisant généralement plus qu'il ne consomme, l'augmentation de la population et l'augmentation de la richesse vont de pair. Mais ne s'ensuit-il pas que l'écart entre la fraction de la population dont le concours est nécessaire pour nourrir l'autre, et la population totale, va toujours croissant? Sans doute ; il faut concéder que si le niveau des besoins restait toujours le même, le nombre des ouvriers nécessairement inoccupés augmenterait. Mais le *niveau des besoins* croît et croît naturellement, parce que l'augmentation de la population, en rapprochant les hommes, en facilitant les échanges, en augmentant ce que Bastiat appelle les utilités gratuites, en permettant de produire plus — ce qui entraîne une diminution des frais généraux — permet de réduire en même temps le coût des choses, et en multiplie ainsi la consommation, sans que le salaire soit défavorablement affecté.

Autre observation. Avec la population augmentent les fonctions de l'État. Des besoins tout nouveaux naissent. Ainsi encore s'accroît le nombre des citoyens dont l'activité ne peut s'appliquer directement à la production économique.

En réalité, *des causes diverses agissent sur le salaire.*

On peut les ramener à trois catégories, ainsi que le fait M. Leroy Beaulieu.

1re catégorie : Le rapport des capitaux matériels à la population. — Notons ici que, d'après tout ce qui vient d'être dit, ce rapport est favorablement influencé par l'augmentation même de la population : plus la population augmente, plus augmentent les capitaux, et ceux-ci augmentent plus vite que celle-là. « Les capitaux, dit l'économiste américain Peshine Smith, ont la tendance de s'accroître plus rapidement que le nombre des hommes — le salaire tend à augmenter avec l'accroissement de la population — à chaque progrès de la mécanique correspond la hausse de la valeur du travail humain et la baisse de la valeur des capitaux. » Nous verrons à l'instant que les faits confirment cette appréciation.

2e catégorie : L'accroissement de productivité du travail de l'ouvrier. — En fait, elle a augmenté aussi avec la population. Les socialistes prétendent au contraire que le machinisme a accru la misère des classes laborieuses. Il est bien certain que l'adhésion à la théorie du fonds des salaires mène logiquement à cette conclusion.

3e catégorie : L'avantage que les lois, les mœurs peuvent donner à l'une des parties contractantes. — Cette dernière cause n'a pas agi favorablement sur le salaire, tant s'en faut. Mais il s'agit ici de l'élément le plus facile à modifier. Il a sa grande importance, et nous pouvons affirmer avec confiance que toutes les augmentations du taux des salaires que nous allons constater auraient été bien plus considérables sous l'intervention de ce dernier facteur.

N'y a-t-il pas un fait, des plus graves, qui nous donne tort en tout ceci — le grand nombre des ouvriers sans travail ?

Il y aurait lieu tout d'abord de distinguer entre ceux qui sont sans travail volontairement et ceux qui sont sans travail involontairement. Pour ces derniers, ce sont généralement des ouvriers sans profession déterminée. Ces

cas s'expliquent par l'individualisme excessif de notre temps et l'état en bien des points encore presque chaotique de l'industrie moderne. Il faudrait notamment que l'apprentissage fût moins négligé.

Ajoutons de plus que si le marché des choses est presque unifié, celui des bras l'est beaucoup moins : le temps rétablira l'équilibre que la production fiévreuse de notre époque a détruit.

Sous le bénéfice de ces observations, on peut aborder la démonstration par les faits de la fausseté des théories incriminées.

Les faits contredisent la théorie du salaire nécessaire.

Si l'on envisage la question du salaire au point de vue historique, il n'est pas possible de douter qu'il ne se soit accru. Le salaire réel, c'est-à-dire l'ensemble des besoins que le salaire en argent permet de satisfaire, est évidemment seul en cause ici, et la hausse de ce que les Anglais appellent le *standard of life* est incontestée. Il n'y a pas bien longtemps, la chemise et les bas étaient des objets de grand luxe. Tout le monde connaît l'exemple classique de la reine Élisabeth d'Angleterre qui ne possédait que... deux chemises!

Cette hausse du niveau des besoins est si évidente que les socialistes, forcés d'en convenir, déplacent la question. « Votre situation comme hommes, disait Lassalle aux travailleurs de l'Allemagne, ne se mesure pas comparativement à la situation de l'animal dans la forêt vierge, ou comparativement à celle du nègre de l'Afrique, ni à celle du serf d'il y a deux cents ans ou même d'il y a quatre-vingts ans ; elle n'a pour mesure que la situation de vos contemporains et de vos concitoyens, que la situation des autres classes dans le temps où vous vivez. » Il n'est pas possible d'adhérer sans réserves à ce point de vue. Les inégalités naturelles produiront toujours des inégalités sociales, et la classe la moins favorisée se trouvera toujours malheureuse. Il n'y a pas de remède à cela. Mais

les meneurs socialistes ont intérêt à exciter les convoitises. On entretient ainsi la haine du prolétaire contre les autres classes, « comme le mendiant entretient la plaie qui le fait vivre ! »

En définitive, il y a là une méconnaissance voulue des faits ; car, comme l'écrivait il y a plus de cinquante ans Hipp. Passy, « si la civilisation, à mesure qu'elle avance, distribue inégalement les richesses qu'elle produit et multiplie, c'est sans rien ôter à ceux qu'elle traite le moins favorablement » (1).

L'événement a confirmé d'ailleurs cette vue de Bastiat, qui écrivait en 1848, peu de mois avant sa mort : « A chaque pas de l'homme dans la voie de la civilisation, ses besoins embrassent un cercle plus étendu » (2). — « Les faits, a pu écrire M. Leroy Beaulieu, démontrent avec une irrésistible évidence que toutes les classes ont participé au progrès général » (3).

Il faut renoncer enfin à ce pessimisme dangereux vers lequel on se sent entraîné après lecture de faits savamment groupés pour attiser le feu de la haine sociale. Voici par exemple une constatation des plus rassurantes et des plus topiques que fait M. Levasseur dans son *Histoire des classes ouvrières*. D'après cet auteur, avant 1789, en France, « la moyenne de la vie était de 28 ans environ ; elle dépasse aujourd'hui 37 ans, c'est-à-dire qu'avant 1789 beaucoup plus d'enfants ou de jeunes gens, faute de soins, d'aliments, de bien-être, étaient moissonnés avant l'âge : signe de misère. Les générations qui s'élevaient, étaient, quoi qu'on dise, plutôt chétives que robustes. Un homme de cinq pieds ($1^m,625^{mm}$) était bon pour la milice, et le quart ou 25 p. c. de ceux qui tiraient au sort étaient exemptés pour défaut de taille. Aujourd'hui (1867), la taille moyenne de l'armée est de $1^m,65$. » Objecterez-vous que ces constatations sont

(1) *Mémoires de l'Institut*, 1839. T. II de la 2me série, p. 310.
(2) *Harmonies économiques*, ch. XVI.
(3) *Essai sur la répartition des richesses*, p. 44.

relatives à la France seulement? « Les salaires des ouvriers, dit M. de Nadaillac dans son livre sur *La Natalité en France* (1), ont subi une hausse générale dans tous les pays du monde. Comme classe, *ce sont certainement eux qui ont profité dans la plus large mesure de la progression de la richesse.* »

En Belgique, la hausse du salaire réel a été considérable. A ne considérer que le salaire nominal, on s'expose à errer gravement sur ce point. Il ne faut pas perdre de vue en effet le très bas prix des denrées alimentaires. L'énorme consommation d'alcool dans notre pays prouve trop surabondamment en faveur de l'élévation progressive du salaire réel.

La théorie du fonds des salaires, la doctrine du salaire nécessaire, la loi d'airain des salaires, tous ces avatars d'une même erreur sont démentis par les faits. Comment expliquer l'insistance du socialisme à prêcher ces faux dogmes, sinon par la raison que nous avons indiquée? J'en trouve l'aveu dans le mot échappé à Halle à l'orateur socialiste et député au Reichstag Liebknecht: « Agitationsmittel. » La loi d'airain des salaires et le fantôme de la faim qu'elle fait évoquer, c'est cela, et ce n'est que cela : « Agitationsmittel » : c'est un moyen d'agitation. On a bien dénommé son inventeur « l'agitateur Lassalle. »

On peut rattacher plus spécialement la doctrine de Henry George à la loi de la rente de Ricardo qu'il tient pour démontrée.

A la vérité, la doctrine de Henry George et celle de Ricardo lui-même se ramènent aisément à l'aphorisme d'Ad. Smith. L'affirmation que toute valeur vient du travail, et cette autre : que la terre, d'abord sans valeur (d'échange), n'acquiert de prix qu'au fur et à mesure de sa mise en culture, sont intimement liées. Pour Ricardo, la rente naît et s'accroît par l'accroissement de la population.

(1) P. 129.

L'accroissement de richesse produite qui lui est connexe profite aux seuls propriétaires du sol. Ceux-ci accaparent donc tout l'avantage que la collectivité devrait retirer de l'augmentation de la population.

A proprement parler, *la loi de Ricardo,* c'est la mise en culture successive des sols de moins en moins fertiles. Le premier agriculteur est censé occuper le meilleur sol du pays et ainsi de suite.

Mais ce choix, fort *logique,* ne s'est pas fait comme le pense Ricardo. Les établissements se fondent, comme Tacite le dit des Germains : *ut fons, ut nemus placuit.* C'est une source limpide qui promet à la tribu l'onde désaltérante sans laquelle ses membres ni ses troupeaux ne sauraient vivre; c'est une forêt qui fournit l'ombre à l'heure du soleil, le feu à l'heure du repas et à la saison des frimas, et parfois l'alimentation, si ses arbres sont frugifères.

Éclatant est le démenti que les faits ont donné à cette affirmation de Ricardo, que le prix des subsistances s'établit d'après le travail que demande pour les produire le plus pauvre des sols cultivés. C'est précisément le contraire qui arrive. Le prix des subsistances s'établit d'après les frais que demande pour les produire le plus riche des sols cultivés. Et même c'est ce qui a amené la ruine de l'agriculture dans la vieille Europe. L'on combat partout — donc l'on constate — cette conséquence du libre échange, en établissant des droits protecteurs.

Si l'on objectait que la loi de Ricardo, démentie quant au présent grâce aux immenses défrichements que notre siècle a vu opérer, est destinée à se vérifier dans l'avenir, la réponse serait facile : car dans le revenu qui va toujours diminuant du loyer du sol, il y a une part de plus en plus grande qui rémunère le capital engagé. La rente ne diminue donc pas seulement d'une manière absolue (le prix du fermage), mais encore d'une manière relative (part dans ce prix, rente au sens propre du mot).

IV

Indiquons où gît pour nous l'intérêt pratique de cette étude théorique sur la genèse des doctrines socialistes relatives à l'économie politique.

Les catholiques ne sauraient évidemment donner leur adhésion à l'intégralité de la doctrine socialiste, puisqu'elle est matérialiste.

Mais lorsqu'il s'agit de la doctrine économique du socialisme, la question change d'aspect. L'enseignement économique du socialisme est séduisant dans sa tendance avouée, la recherche de la *justice sociale*. Y a-t-il un terrain d'action commune où les socialistes peuvent se rencontrer avec les catholiques? Les considérations qui précèdent répondent à cette question. Le socialisme, en tendant où il tend, ne réalisera pas la justice sociale, qui ne se conçoit pas sans que la responsabilité morale des individus en soit la condition nécessaire. L'alliance, possible certes en vue de l'obtention d'une réforme déterminée, sera essentiellement éphémère.

Nous venons de voir d'ailleurs que les socialistes se trompent en prétendant que les sociétés modernes sont atteintes, au point de vue économique, d'un vice organique. Il paraît, de plus, et dès l'abord, évident que le collectivisme ne saurait faire subsister l'humanité. L'intérêt social réclame donc impérieusement que l'appropriation individuelle reste possible et licite.

Dans son opuscule célèbre, *La Quintessence du socialisme,* Schäffle a dû reconnaître que ce qui manque à la conception collectiviste de la production économique, c'est un moteur de l'activité personnelle équivalent au mobile égoïste qui porte l'homme à produire pour son avantage propre et celui de sa famille

Mais il s'illusionne en croyant qu'on trouvera en dehors de la propriété ce moteur indispensable du progrès

social. « Il doit paraître inconcevable, écrit-il, que les écrivains du socialisme ne perfectionnent pas avant tout leurs théories dans le but de conserver et de fortifier au plus haut degré les garanties individuelles de l'économie productive. Par la conservation d'une féconde concurrence de travail d'après le principe de la valeur sociale du travail, le socialisme pourrait, avant tout, se rendre pratiquement compatible avec tous les bons côtés de l'économie politique existante. »

Il est bien vrai que la *quintessence du socialisme* telle que Schäffle la conçoit est bien différente du *socialisme intégral* tel que B. Malon l'a décrit (1). Mais la citation que nous avons faite prouve péremptoirement, croyons-nous, l'impuissance du socialisme à donner à la production économique le stimulant indispensable à son développement normal. Ce stimulant, vaguement entrevu par Schäffle, ne peut être que la propriété elle-même. Nous comprenons, quant à nous, que les théories du socialisme ne se perfectionnent pas sur ce point; et une seule chose nous paraît inconcevable, c'est l'adhésion du Dr Schäffle au socialisme, alors qu'il fait si bien toucher du doigt le vice fondamental du système.

Le *principe* de la propriété doit rester intangible ; il ne s'ensuit pas que tout *régime* de propriété soit favorable au bien général. Il ne faut pas que l'application du principe aboutisse à des conséquences antisociales. Elle est odieuse quand elle réduit à la portion congrue l'énorme majorité des citoyens.

Il est évident qu'il existe de *trop grandes* inégalités sociales, et qu'il faut tendre à éliminer du corps social deux catégories d'individus : ceux qui ne produisent rien

(1) De l'avis de Schäffle, il n'est pas vrai que le socialisme soit nécessairement matérialiste. L'auteur reconnaît et déplore que « les partis actuels du socialisme représentent l'irréligiosité au plus haut degré, » ce qui nous étonne moins que lui, le socialisme étant selon nous logiquement matérialiste.

(alors qu'ils le pourraient), tout en consommant à l'excès; et ceux qui, empêchés de produire malgré leurs aptitudes physiologiques, sont empêchés aussi de consommer normalement. La suppression de ceux-là, il est permis de le croire, diminuerait le nombre de ceux-ci. « Les richesses particulières, dit Montesquieu, n'ont augmenté que parce qu'elles ont ôté à une partie des citoyens le nécessaire physique; il faut donc qu'il leur soit restitué. »

La propriété ne se justifie pas *à l'infini*. Sa raison d'être dernière, c'est l'intérêt de la collectivité. M. É. de Laveleye a fait remarquer qu'il faut la concevoir ainsi, d'après la définition même du Digeste : *Jus utendi et abutendi re sua quatenus juris ratio patitur*. M. de Laveleye traduit comme suit : « Droit d'user et de disposer autant que le permet la raison même qui a donné naissance au droit, c'est-à-dire l'utilité générale. »

Prenons un exemple, pour rendre cette vérité plus claire. L'on donne généralement de la *prescription* cette justification juridique et sociale : la nécessité de rendre la propriété certaine. Il y a en réalité une justification juridique et sociale bien plus satisfaisante de la prescription : c'est que la raison d'être du droit n'existe plus dans le chef de celui qui a laissé prescrire contre lui, mais bien dans celui qui a prescrit à son profit! C'est évidemment là, dans le régime positif du droit de propriété, une application du concept rationnel de la propriété. La communauté est intéressée à ce que l'appropriation profite directement à quelqu'un de ses membres, et ainsi, bien qu'indirectement, à la collectivité tout entière.

Autre exemple. C'est en vertu du droit de disposer, conséquence de la propriété, que le débiteur engage son patrimoine en contractant un emprunt. Toute l'organisation du crédit est basée sur cette application de la propriété. Cependant, dans un haut intérêt social, les lois des divers pays exemptent certains biens de la saisie, notamment le lit et les vêtements du débiteur et de sa famille,

les outils nécessaires à l'exercice de sa profession, etc. Certaines législations étendent l'exemption beaucoup plus loin, telles les lois qui créent le *homestead*. Ce sont là des applications point du tout inventées du *concept social* de la propriété privée. La société est intéressée à la conservation des familles et de leurs moyens essentiels d'existence. C'est la justification du *homestead*.

La propriété cesse d'être légitime lorsqu'elle cesse d'être un élément de progrès social ; elle est une nécessité sociale, non une nécessité individuelle. Néanmoins sa diffusion est désirable. « La propriété démocratisée, a dit M. de Laveleye, est la seule base solide de la démocratie. »

Quand la concentration de la propriété foncière est excessive, comme en Irlande, le régime de la propriété est en désaccord avec son concept rationnel. La concentration des capitaux peut aussi devenir redoutable et tourner au détriment de la collectivité.

Efforçons-nous de discerner ici le licite de l'illicite. A en croire les socialistes, tout accroissement de la richesse privée est un vol fait à la société. C'est là une théorie excessive. Il y a sans doute une part de vérité dans cette erreur, ou si l'on veut, il est une vérité qui, mal comprise, a donné l'existence à l'erreur. Cette vérité, la voici : Tout enrichissement individuel est la résultante de l'effort personnel, combiné avec la participation inconsciente de la collectivité.

Cette collaboration mystérieuse, on l'appelle communément la chance. La prétendue chance, c'est la correspondance de l'effort individuel aux besoins réels ou factices de la société. L'invention de Bessemer l'a prodigieusement enrichi, parce qu'il s'est fait un emploi énorme de l'acier. Supposez la découverte de Bessemer réalisée dans une société rudimentaire, où la production économique fût moins intense, où les chemins de fer et conséquemment les rails d'acier fussent inconnus, l'acier de Bessemer se fût trouvé sans destination, Bessemer n'en eût pas fabri-

qué, très probablement même n'eût-il jamais songé à rechercher le moyen de fabriquer l'acier à bon marché!

Que s'ensuit-il? Ceci, et seulement ceci : que plus un homme s'enrichit, plus il est comptable de sa richesse à la collectivité. On peut conclure de là à la légitimité de l'impôt progressif qui, pour le dire en passant, s'il ne frappe que le revenu (1), ne porte aucune atteinte au principe de la propriété. Sainement compris, l'impôt progressif ne doit pas réaliser à la longue l'expropriation, comme le souhaitent les collectivistes, mais, bien au contraire, permettre la libre accumulation des capitaux. Car il aura pour effet de diminuer, voire de supprimer les inconvénients de l'accumulation. Les adversaires de l'impôt progressif sur le revenu ne tiennent pas suffisamment compte qu'en bonne logique il doit être *finiment* progressif et de plus qu'il suppose la conservation de la possession de l'intégralité du capital dans le chef de l'imposé. Il est superflu d'ajouter que l'impôt progressif est conforme à la justice, et cela *prima facie*. Montesquieu dit fort bien : « Il faut distinguer dans les biens de chacun le nécessaire, l'utile et le superflu. Le nécessaire ne doit pas être taxé, l'utile doit l'être, et le superflu beaucoup plus que l'utile. » L'impôt progressif, ce n'est pas nécessairement l'impôt unique sur le revenu. Il n'a rien d'effrayant. En Belgique il est déjà réalisé dans certaines bases de la contribution personnelle. En Hollande, les Chambres législatives discutent en ce moment un projet de loi tendant à établir un impôt progressif sur le revenu.

Si nous reprenons l'exemple de Bessemer, il nous montrera non seulement que l'état social a contribué à l'enrichissement du célèbre inventeur, mais encore que celui-ci a rendu à l'industrie et à la société un service immense qui légitime parfaitement ses énormes profits.

Nous venons de voir quel correctif peut être apporté

(1) L'impôt, qui est normalement une prestation *juridique* destinée à satisfaire à des services publics *permanents*, ne peut *jamais* atteindre le capital sans manquer son but.

par le régime fiscal de l'État à ces situations anormales. D'autre part, le sort des classes laborieuses doit faire à un titre tout particulier l'objet des préoccupations des pouvoirs publics, ainsi que l'enseigne en propres termes l'Encyclique *Rerum novarum*.

Les statistiques nous fournissent sur le paupérisme les plus lugubres renseignements. Dans les grandes capitales, on compte chaque année par *milliers* le nombre des *morts de faim;* dans les centres industriels, le nombre *pour cent* des ouvriers sans travail atteint pour certaines professions des proportions considérables... *Il faut* trouver un remède à de si patentes misères. Cependant nous ne pouvons admettre que l'État doive procurer du travail à ceux qui n'en peuvent trouver : il ne leur doit que l'assistance ; nous croyons qu'il est indispensable de maintenir le principe que la demande des bras doit résulter des besoins sociaux.

Mais l'intervention *indirecte* de l'État s'impose. Le grand mal, c'est l'isolement de l'ouvrier. Le droit d'association restera illusoire tant qu'il ne sera pas corroboré par le droit de posséder en commun. Rien de plus instructif à ce point de vue que le magnifique développement des sociétés ouvrières de l'Angleterre.

Sans doute, même en Angleterre, le *régime* du salariat a ses abus : l'on y trouve des ouvriers condamnés à un labeur excessif et des ouvriers mal rétribués. Mais le principe du salariat n'est point en cause ici. Que de prolétaires à qui le salariat a permis de s'élever dans la hiérarchie sociale ! On peut même dire qu'il a rendu cette élévation possible au grand nombre de ceux qu'y appelait « l'irréductible hiérarchie de la nature. »

Des modifications au régime du salariat sont nécessaires. Nous croyons que l'intervention de la loi est commandée lorsque la justice, dont la loi est la gardienne, est violée.

L'intervention indirecte en matière de salaire peut s'exercer de bien des manières. Sans tendre à agir sur e taux du salaire, elle peut influer sur le salaire réel, par

exemple sur le coût des denrées. Le développement des sociétés coopératives doit être favorisé ou du moins largement et bénévolement toléré.

L'auteur de ces lignes a visité l'une de ces coopératives anglaises — celle de Newcastle-on-Tyne — véritable État dans l'État, comme le disait lord Roseberry à la séance d'ouverture du Congrès coopératif de 1890. Elle réalise en plein la propriété collective (1), mais sans la *contrainte* du régime collectiviste. Car la fortune presque effrayante des coopératives est due au libre groupement des intérêts privés sous l'égide d'une législation qui s'est conformée aux mœurs, en se bornant à ne pas entraver la tendance à la concentration des capitaux.

Et maintenant, faut-il nous excuser d'avoir ajouté à ce travail des conclusions que le titre ne faisait peut-être pas prévoir ?

Nous avons cru qu'il ne suffisait pas de montrer dans quelles erreurs théoriques verse le socialisme. C'eût été là un exercice de logique assez vain, si nous nous fussions contenté de ces réflexions négatives. Car s'il faut combattre, au nom de la vérité, les erreurs dogmatiques et le pessimisme de la fausse science économique, il ne peut être question de nier la crise sociale ni l'urgence d'y chercher et d'y porter remède.

Il y a beaucoup à faire dans cet ordre d'idées ; nous avons touché quelques points seulement pour apporter notre contribution à la réforme sociale, et surtout pour affirmer notre conviction que celle-ci est possible sans compromission avec l'erreur économique.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN.

(1) Il est bien clair que cette propriété est parfaitement compatible avec la propriété privée; elles peuvent coexister et même elles coexistent. Au contraire, la propriété dite mal à propos collectiviste, c'est la détention juridique par l'État des moyens de production qui sont soustraits à l'appropriation.

L'appropriation n'existe plus qu'en vue de la consommation. L'expression *collectivisme* est donc plus exacte que l'expression *propriété collectiviste*, celle-ci impliquant une contradiction dans les termes.

LES

CONGRÈS SCIENTIFIQUES INTERNATIONAUX

DES CATHOLIQUES

Nos lecteurs savent déjà que la Société scientifique de Bruxelles a assumé la tâche d'organiser le troisième Congrès scientifique international des catholiques, qui se tiendra à Bruxelles en septembre 1894.

Pour les associer à cette mission et provoquer leur bienveillant concours, il a paru opportun de faire connaître dans la *Revue* cette œuvre qui, par tant de côtés, se rapproche de la Société scientifique, et dont on a pu dire avec raison que " désormais, dans l'arsenal des défenseurs de l'Église, il y aura une arme de plus „ (1).

Les œuvres, comme les hommes, s'apprécient par leurs fruits. Plusieurs de nos collaborateurs se sont partagé la besogne de rendre compte, d'après leur compétence spéciale, des travaux des deux congrès tenus précédemment à Paris en 1888 et en 1891.

Mais avant de leur donner la parole, il convient de jeter un coup d'œil rapide sur les origines et l'organisation des congrès scientifiques. Cette histoire a ses utiles leçons, et le passé peut éclairer l'avenir.

***

Au mois de décembre 1885, les catholiques de Normandie, réunis à Rouen en assemblée générale, formaient le projet de grouper en congrès international les hommes d'intelligence et de

(1) *Compte rendu du Congrès scientifique international des catholiques en 1891.* Introduction, p. 105. Toast de M. G. Kurth.

foi qui, dans tous les pays du monde, travaillent au progrès de la science, sans cesser d'être des fils dévoués de l'Église. Il n'est point permis de l'oublier, c'est à M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet, professeur à l'Institut catholique de Toulouse, auteur d'un remarquable ouvrage de controverse, *L'Apologie scientifique de la foi chrétienne,* que revient l'honneur d'avoir le premier conçu cette idée.

Entreprise opportune s'il en fut. Car, à quoi bon le dissimuler, l'impiété, depuis cent ans, multiplie ses efforts pour s'assurer l'hégémonie, sinon le monopole de la science. Elle proclame bruyamment devant la foule aveugle que la science a substitué son règne à celui de la foi, parce que le vrai savant est un incroyant, et que du reste, entre la science et la foi, les découvertes de ce siècle ont creusé un infranchissable abîme. Une controverse récente a montré que cette légende, qu'on cherche à implanter, ne hante pas seulement le crédule esprit du peuple; elle se fait jour même dans les préoccupations de l'austère penseur (1). Voilà pourquoi la nécessité s'impose de donner au monde l'éclatant et réconfortant spectacle de savants qui sont des chrétiens, et en qui la foi n'a pas porté atteinte à l'esprit scientifique.

Mais si l'entreprise était éminemment utile, ceux qui l'avaient conçue ne devaient pas tarder à s'apercevoir qu'elle constituait en même temps une œuvre singulièrement ardue. Pour la mener à bonne fin, il fallait non seulement affronter le sarcasme et les dédains de l'adversaire, mais, ce qui est plus pénible, vaincre les répugnances et les préjugés d'amis ou trop timorés à l'endroit de la réussite, ou illusionnés sur le caractère et le but de l'œuvre.

La Commission d'organisation, présidée par Mgr d'Hulst, recteur de l'Institut catholique de Paris, ne se laissa rebuter par aucun obstacle. Même l'ajournement du congrès, fixé d'abord à l'année 1887, ne parvint pas à ébranler les espérances des courageux organisateurs. On verra combien ils eurent raison, et combien eurent tort les timides et les prophètes de malheur.

Il n'est pas possible d'exposer ici, même d'une façon sommaire, le travail considérable de démarches dans tous les pays, auprès des hommes les plus considérables de science et de foi, auquel

(1) Revue des Deux-Mondes, 1er et 15 mai, et 1er juin 1891, articles de M. Taine, sur *La Reconstruction de la France en 1800;* Le Correspondant, 25 octobre, 1er et 25 novembre 1891, articles de M. l'abbé de Broglie sur *Le Présent et l'avenir du catholicisme en France.*

la Commission organisatrice s'est livrée pendant deux ans. Mgr d'Hulst a refait, avec l'élan qu'on lui connaît, l'histoire intime, mais vécue, de cette longue et laborieuse préparation (1).

Aussi ce fut avec un sentiment de douce et légitime fierté que le vaillant président de la Commission d'organisation, devenu pour lors le secrétaire général du congrès, put contempler le 9 avril 1888, à la première assemblée, les résultats de longs et persévérants efforts. Seize cent cinq membres avaient répondu à l'invitation; cinquante-cinq évêques de France et quarante-cinq évêques étrangers s'étaient groupés à l'appel du Saint-Père, déclarant l'entreprise des congrès scientifiques des catholiques une œuvre " féconde en heureux résultats, tant pour l'honneur bien entendu des sciences que pour la défense de la foi catholique " (2).

Le premier congrès se tint à Paris, du 8 au 13 avril 1888, dans les salons de l'hôtel de la Société de géographie. Il fut présidé par Mgr Perraud, évêque d'Autun, membre de l'Académie française. L'éminent prélat, dans le discours de clôture qu'il prononça, y définit, avec une grande hauteur de vues et un langage éloquent, les devoirs du savant catholique. Nous en détachons ce passage significatif: " C'est à vous, savants chrétiens, qu'il appartient de mettre en œuvre vos recherches, vos travaux, vos découvertes, afin de donner satisfaction au légitime besoin de savoir qui devient de plus en plus la passion dominante de nos contemporains, et aussi pour que le naturalisme et l'athéisme ne puissent pas se prévaloir de l'indifférence apathique des fils de l'Évangile à l'égard des conquêtes de la science " (3).

Cette satisfaction fut assurément donnée par l'adhésion au congrès de savants et de chrétiens tels que MM. d'Abbadie, d'Acy, de Beaucourt, de Bernon, Beurlier, Boussinesq, Branly, duc et prince de Broglie, Cucheval-Clarigny, Duchesne, Henri de l'Épinois, Ferrand, de Franqueville, Haton de la Goupillère, Hermite, Claudio Jannet, amiral de Jonquières, Lacointa, de Lapparent, Léon Lefébure, Martin, vicomte de Meaux, Méric, Merveilleux du Vignaux, Mis de Nadaillac, Ollé-Laprune, Planté, Récamier, Riant, de Richemont, Rondelet, de Rougé, Vigouroux, Mis de Vogué, de Vorges, Wolf, Paul Allard, Arcelin, Charaux, Chevalier,

(1) Congrès de 1888, t. I, p. LXVIII et suiv.
(2) Ibid., t. I, p. VII.
(3) Ibid., t. I, p. XC.

Desplats, Ducrost, Duilhé de Saint-Projet, Fouard, Fournier, de Lisleferme, Maisonneuve, de Margerie, de Marsy, Prunières, Robiou, Valson, Witz, Bon de Hertling, Dr Hettinger, Mgr Janssen, Danko, Dr Vering, Mgr Abbeloos, R. P. De Smedt, Mgr de Harlez, De Walque, Folie, Gilbert, Kervyn de Lettenhove, Kurth, Le Paige, Loomans, Mansion, Ruelens, de la Vallée Poussin, Canovas del Castillo, Rodriguez de Cepeda, Perry, Denza, J. B. de Rossi, Théodore de la Rive, etc., etc.

Nous ne pouvons songer à rappeler, même d'un mot, les mémoires qui furent présentés au congrès de 1888. On trouvera, dans les résumés qui seront faits tout à l'heure des travaux des différentes sections, l'analyse des principaux d'entre eux. Le congrès se divisa en six sections consacrées respectivement aux sciences religieuses, philosophiques, juridiques, historiques, mathématiques, physiques et naturelles, anthropologiques.

L'ensemble de ces mémoires, qui forme deux volumes compacts (1), a été favorablement apprécié, même par des adversaires que n'aveuglaient point des préjugés de sectaires.

Assurément, ce premier essai n'a point, du coup, atteint les limites de la perfection. Les organisateurs eux-mêmes ont dû déplorer de regrettables lacunes. Mais enfin, tel qu'il se présentait, ce début était de nature à encourager de nouveaux efforts.

Le but du congrès était atteint: il avait prouvé que nulle branche du savoir humain n'échappe à la compétence des catholiques. Si, pour des causes que nous n'avons pas à rechercher ici, ils ne tiennent pas partout la tête du mouvement, du moins ne peut-on, sans faire preuve d'aveugle injustice, leur refuser le mérite d'y contribuer dans une réelle mesure. Dans la liste des noms que nous avons cités tout à l'heure, toutes les spécialités se retrouvent, et reconnaissent, sur un point ou sur un autre, la trace d'un progrès réalisé par chacun de ces hommes.

La lecture des travaux et des discussions du premier congrès laisse une autre impression que nous tenons à accentuer. On sait combien les ennemis de la foi se plaisent à représenter le catholique comme rivé par le dogme, enserré dans des limites doctrinales qu'ils ont soin de prétendre étroites, et par suite essentiellement réfractaires au développement de la science. Eh bien, cette calomnie, fruit de la haine antireligieuse et plus souvent de l'ignorance, tombe devant l'examen sincère des théories et des idées émises au congrès de 1888. Tous ceux qui y ont pris

(1) Paris, 1889.

part se souviennent de l'esprit de saine tolérance et de large liberté qui anima les recherches, et cela, sans que rien fût sacrifié de la plus stricte orthodoxie. Comme l'a dit Mgr Perraud avec sa haute autorité, " de ce que des catholiques, très justement préoccupés de tenir compte d'une des recommandations les plus formelles du Sauveur, s'appliquent à discerner les signes et les caractères de leur temps et font dans toutes les directions de très vigoureux efforts pour ne demeurer étrangers à aucune science, il ne faut pas leur attribuer la pensée ni la prétention insoutenable d'avoir voulu déplacer l'axe de la religion, c'est-à-dire accommoder à l'esprit du jour et à ses exigences plus ou moins fondées les conditions qui, dès le commencement et d'institution divine, ont été assignées à la génération de la foi " (1).

Le succès du premier congrès avait dépassé toutes les espérances; désormais, rien ne devait plus s'opposer au plein épanouissement de l'œuvre si heureusement commencée. Ce fut avec une confiance renouvelée, cette fois sûre d'elle-même, que la Commission d'organisation se remit, dès l'année 1889, à préparer le second congrès dont la date avait été fixée à l'année 1891. Les défiances de la première heure avaient disparu, l'expérience supprimait les tâtonnements du début.

Aussi le second congrès inscrivit-il à peu près cinq cents adhérents de plus que le premier, soit deux mille quatre cent quatre-vingt quatorze. Aux illustrations scientifiques que nous avons citées venaient se joindre MM. Bach, Grauert, Hüffer, Koschwitz, comte de Charencey, d'Avril, Babelon, Dr Guermonprez, Casartelli, Molloy, Pastor, Mgr Lamy, Dr Lefebvre, Mgr Mercier, Renard, Roersch, Soupart, colonel de la Llave, Sereix, Mis del Socorro, Silvela de Levielleuze, ministre de l'intérieur en Espagne, Wosinski, R. P. Denifle, César Cantù, Mgr Wilpert, et bien d'autres, qui nous pardonneront de ne pas les nommer ici.

Le deuxième congrès se réunit encore à Paris, du 1er au 6 avril; il tint les séances de sections à l'Institut catholique, rue de Vaugirard, et les assemblées générales à l'hôtel de la Société de géographie, boulevard Saint-Germain. La présidence du congrès fut dévolue à Mgr Freppel, évêque d'Angers et membre de la Chambre des députés.

(1) Congrès de 1888, t. I, p. LXXXIII.

A la dernière séance, l'éloquent prélat prononça un magistral discours sur les droits et les devoirs de la science dans ses rapports avec la révélation. Avec une grande vigueur, il dénonça l'intolérance de nos adversaires nous accusant de dénier à la science sa liberté légitime. Puis il a mis en pleine lumière le véritable esprit qui anime le savant catholique. En s'inclinant devant la vérité révélée, le chrétien sait, suivant l'admirable mot de Clément d'Alexandrie, que la foi peut devenir savante, sans que la science cesse de rester fidèle (1). Dès lors, quoi qu'en dise l'impiété, qui accumule à plaisir les préjugés autour de cette question, le catholique ne redoute, sur le terrain scientifique, aucun progrès.

Telle est, du reste, la grande manifestation qui ressort, éclatante comme la lumière, des travaux du congrès. Nul ne pourrait, s'il veut rester sincère, y signaler la moindre trace de parti pris ou d'étroitesse de vues dans les tendances générales. Au contraire, toute tentative de ce genre est demeurée isolée et n'a point rencontré d'écho. Aussi M. l'abbé de Broglie pouvait-il naguère invoquer l'exemple des deux congrès contre M. Taine, qui avait repris pour son compte la thèse surannée du conflit irrémédiable et radical de la science et de la foi (2).

Il nous reste à parler de la publication du compte rendu du second congrès. Grâce aux excellents imprimeurs de Mâcon, MM. Protat frères, l'impression a été rapidement menée. Dix mois après la tenue du congrès, tous les adhérents étaient en possession des huit fascicules formant un total de plus de 2000 pages. La plupart des branches du savoir humain sont représentées dans cette encyclopédie, et, comme on le verra par les rapports qui vont suivre, bon nombre de questions intéressantes ont été traitées.

On signalera sans doute des points faibles, on regrettera la mince part faite à certaines sciences. Nous ne voulons même point dissimuler qu'on a reproché à ces travaux le manque d'originalité.

Mais s'il ne nous en coûte pas d'avouer ces imperfections, il faut se garder pourtant d'en exagérer la portée. Ainsi, pour ne parler que de la dernière observation, on montrerait sans peine que bon nombre des sessions de l'Association britannique ou de l'Association pour l'avancement des sciences en France

(1) Congrès de 1891, 1re section, Introduction, p. 92 et suiv.
(2) *Le Correspondant*, n° du 25 novembre 1891, pp. 646, 647.

n'ont pas brillé davantage par l'éclat de quelque découverte nouvelle. Celles-ci n'arrivent pas toujours à point nommé et ne se commandent pas à date fixe comme attraction d'une réunion. Quant aux autres lacunes qu'il est aisé de signaler, elles doivent avoir pour effet de stimuler le zèle des futurs congrès. A quoi bon s'énerver en récriminations vaines? Que tous ceux qui déplorent des *desiderata* se mettent à l'œuvre pour les faire disparaître.

Avant de se séparer, le congrès de 1891 a décidé de se réunir de nouveau en 1894. « Afin d'affirmer le caractère international de l'œuvre, — ainsi s'exprime le compte rendu (1), — l'assemblée a été d'avis de la transporter cette fois hors de France ». Les Belges qui se trouvaient au congrès, sans engager d'une manière absolue leurs compatriotes, promirent leur concours empressé pour décider ceux-ci à prendre en mains la succession de l'entreprise.

Dès leur retour en Belgique, Mgr Lamy, MM. le Dr Lefebvre, Mansion, Kurth, etc., se sont mis à l'œuvre. Grâce à l'appui de l'Université catholique de Louvain, de la Société scientifique de Bruxelles, soutenue par la haute approbation de son Éminence le cardinal archevêque de Malines et des évêques de Belgique, et fortifiée par la bénédiction et les encouragements du Souverain Pontife, la Commission d'organisation a inauguré ses travaux.

Mais ici commence l'histoire du troisième congrès, et se clôt celle des deux premiers dont nous avions entrepris de donner une esquisse sommaire.

SCIENCES RELIGIEUSES

Au congrès de 1891, cette section, la première quant à la dignité de l'objet, et une des plus importantes par ses travaux, se réunit sous la présidence aussi active que bienveillante de Mgr Lamy, professeur à l'Université catholique de Louvain. Vingt-cinq mémoires y furent présentés, dont quinze obtinrent l'honneur de l'impression dans le *Compte rendu du Congrès*.

Dans le congrès précédent, on avait regretté que l'histoire des

(1) Congrès de 1891, 1re section, Introduction, p. 17.

religions n'y fût représentée que par un petit nombre de travaux, et l'on avait émis le vœu qu'au congrès de 1891 cet important objet d'étude attirât davantage l'attention des savants. Il a été fait droit à ce vœu dans une large mesure. Dans le congrès actuel, quatorze mémoires présentés roulent sur des points regardant l'histoire des religions ; dix de ces mémoires ont été imprimés. En voici les titres : *État actuel de la science des religions* (1), par M. l'abbé Peisson. — *L'Origine égyptienne de la Kabbale* (2), par M. l'abbé Busson. — *Les Dieux nationaux de Ninive et de Babylone* (3), par M. l'abbé Loisy. — *La Loi de l'unité de sanctuaire en Israël* (4), par M. l'abbé de Broglie. — *L'Incarnation d'après le Bhâgavata-Purâna* (5), par M. l'abbé Roussel. — *La Transformation du paganisme romain au IVe siècle* (6), par M. Paul Allard. — *Les Vestiges du culte impérial à Byzance et la querelle des Iconoclastes* (7), par M. l'abbé Beurlier. — *Gazâli. Le Traité de la rénovation des sciences religieuses* (8), par M. le baron Carra de Vaux. — *Peut-on reconnaître des traces de la révélation primitive dans la théologie de l'ancienne Égypte* (9), par M. F. Robiou. — *Le* Chang-ti *et le* Tien *dans l'antiquité* (10), par M. P. Antonini.

M. l'abbé Peisson donne d'intéressants détails sur la fondation du musée Guimet et sur les transformations qu'il subit. Ce musée contient tous les dieux de l'Inde, du Japon et de l'Égypte, et d'autres monuments religieux des peuples infidèles. On y a joint une riche bibliothèque d'ouvrages écrits dans les principales langues orientales et traitant des questions religieuses. Le musée Guimet a deux organes, les *Annales* et la *Revue de l'histoire des religions;* celle-ci est malheureusement rédigée dans un esprit hostile à toute révélation surnaturelle. — Des cours d'histoire des religions ont été érigés à Paris, à Oxford, à Westminster, à Glasgow, à Saint-Andrews, à Édimbourg, à Aberdeen, à Leyde, où il y a une faculté consacrée tout entière à l'histoire des religions, à Genève, à Bruxelles, à Rome, à Leipzig, à Athènes, en

(1) Congrès de 1891, IIe section, p. 5.
(2) Ibid., p. 29.
(3) Ibid., p. 52.
(4) Ibid., p. 69.
(5) Ibid, p. 90.
(6) Ibid., p. 123.
(7) Ibid., p. 167.
(8) Ibid., p. 209.
(9) Ibid., p. 235.
(10) Ibid., p. 251.

Pensylvanie. De remarquables ouvrages ont été publiés sur ce sujet; M. Peisson indique les principaux. Il signale aussi à l'attention l'école néo-bouddhique, qui compte de nombreux prosélytes dans toutes les parties du monde. — N'oublions pas de signaler la *Revue des religions,* dirigée par M. l'abbé Peisson lui-même et qui, à peine fondée, jouit déjà de la haute estime des savants.

M. l'abbé Loisy nous fait connaître, par l'analyse des inscriptions cunéiformes, la position prépondérante des dieux Asur et Marduk. Le premier, dieu national de Ninive et des Assyriens, est un dieu guerrier, supérieur à toutes les autres divinités, associé à la déesse Istar. Tout dans l'empire assyrien se fait par lui et pour lui; les rois sont ses pontifes et ses serviteurs, ils ne travaillent et ne combattent que pour sa gloire. Asur disparaît tout à coup avec la chute de Ninive. Marduk est le grand dieu de Babylone : sa gloire s'élève et s'abaisse avec celle de la cité qu'il protège ; elle n'atteint jamais à la hauteur de celle d'Asur. La théologie des Assyriens et des Babyloniens est fort rudimentaire. Asur est surtout un dieu terrible et puissant, Marduk est bon et bienfaisant, il aime ses adorateurs. Aucun des deux ne parvient à être un dieu universel.

De tous les travaux lus au congrès, celui qui semble avoir été le plus remarqué et le plus minutieusement discuté, c'est le mémoire du savant abbé de Broglie sur l'unité de sanctuaire en Israël. La critique rationaliste prétend que la loi du sanctuaire unique est, dans la législation d'Israël, non point une institution primitive, remontant à Moïse, comme l'attestent l'histoire écrite officielle et la tradition incontestée de la nation, mais une disposition récente, fictivement rapportée au législateur du Sinaï et dont la vraie origine devrait être fixée par l'histoire au temps de Josias, ou tout au moins au temps d'Ézéchias. Les rationalistes prétendent confirmer leur explication par les documents mêmes de l'histoire officielle et de la tradition. La Bible et la tradition, scrutées avec attention, rendraient, si nous en croyons nos adversaires, témoignage contre elles-mêmes. M. l'abbé de Broglie examine le bien fondé de cette assertion. Il fait abstraction de l'authenticité du Pentateuque; il se demande seulement si ce livre, tel qu'il est parvenu jusqu'à nous, rend, oui ou non, témoignage contre lui-même et contre la tradition à laquelle il a donné naissance. Or, voici ce que nous apprend la Bible et ce que l'on peut conclure de ses récits. La législation relative au sanctuaire

légitime subit avec le temps plusieurs modifications. La loi de l'Exode (ch. xx) permettait les sanctuaires et les sacrifices privés; le culte sacrilège du veau d'or, pratiqué au pied du Sinaï, provoqua la loi du Lévitique (ch. xvii), concentrant le culte au seul tabernacle avec une telle rigueur, qu'aucun animal ne pouvait être tué sans qu'il fût d'abord présenté à Jéhovah devant son tabernacle. Cette loi n'était que pour l'époque du séjour d'Israël au désert. La loi du Deutéronome (ch. xii) remplaça celle du Lévitique, lorsque le peuple se fut établi dans la terre de Chanaan. Plus tard, sous le prophète Samuel, l'arche, après avoir été au pouvoir des Philistins, demeura pendant des années séparée du tabernacle. C'est ainsi que le tabernacle cessa d'être le sanctuaire unique, et conséquemment les fidèles Israélites, à l'exemple du prophète lui-même, se crurent autorisés à adorer Jéhovah dans des sanctuaires privés. La construction du temple rétablit en droit les prescriptions du Deutéronome; mais, en fait, le culte des hauts-lieux continua, cher au peuple et aux prêtres qui étaient attachés à ces sanctuaires; les prophètes ne réclamèrent pas contre la coutume existante; bien plus, ils s'y conformèrent eux-mêmes dans le royaume des Dix tribus. Tel est le système d'interprétation développé par le savant professeur de l'Université catholique de Paris. Quoiqu'il ne soit pas à l'abri de toute objection, il est bien plus probable que l'hypothèse rationaliste, qui contredit toute l'histoire et toutes les traditions du peuple de Dieu, et qui fait du livre de la Loi l'œuvre de misérables faussaires dont personne, jusqu'à notre xixe siècle, n'aurait soupçonné l'insigne fourberie.

Une étude de théologie indienne, présentée par M. l'abbé Roussel, donne la vraie notion de l'Incarnation d'après le *Bhâgavata-Purâna*. Le seul dieu indou qui se soit fait homme est Vishnou, la seconde personne de la Trinité composée de Brahma, le créateur, de Vishnou, le conservateur, et de Çiva, le destructeur. Vishnou s'est incarné un grand nombre de fois et, puisque ses incarnations ne sont souvent que partielles, dans plusieurs personnages à la fois; ces personnages étaient parfois rivaux et même ennemis. Une des plus illustres incarnations de Vishnou fut Krishna. M. Roussel raconte quelques traits de l'histoire de cette fameuse divinité. Ils présentent des ressemblances frappantes avec les traditions évangéliques sur le Christ. Quoique le *Bhâgavata-Purâna* parle une fois d'une conception virginale, les incarnations de Vishnou ne se font jamais dans le sein d'une vierge mère. Avant de naître d'une femme, le dieu

doit d'abord s'incarner dans le corps de son mari. Vishnou s'incarne à la fin de chaque monde, pour le sauver de la décadence en le détruisant et en le renouvelant aussitôt. Toutes ces incarnations ont pour but la protection et le bonheur des créatures : elles effacent les péchés du monde, répandent la connaissance des Védas et apprennent ainsi aux hommes le chemin du salut. Elles détruisent l'empire des mauvais génies. Le dieu fait homme donne à ses semblables l'exemple des vertus et les porte ainsi à l'imiter. Telle est, d'ailleurs, son influence salutaire, que pour être sauvé, il suffit de prononcer son nom, ne fût-ce que par distraction, car ce nom renferme en lui une puissance de conversion irrésistible.

Le *Bhâgavata-Purâna* ne porte point de date. Parmi les brahmanes, les uns font remonter ce poème à une antiquité prodigieuse, d'autres, très versés dans la littérature puranique, soutiennent qu'il fut composé vers le XIIe siècle de notre ère par le grammairien Vopadeva. Eugène Burnouf incline à croire que ce Vopadeva, auquel lui aussi attribue le *Bhâgavata-Purâna,* vivait dans la dernière moitié du XIIIe siècle de notre ère. Il pouvait alors connaitre l'histoire évangélique et se donner le plaisir de former son dieu Krishna à l'image du Dieu sauveur des chrétiens.

M. Paul Allard, l'historien des persécutions, disserte, avec la compétence qu'on lui reconnaît, sur la transformation du paganisme romain au IVe siècle. La religion nationale de Rome, après avoir identifié les vieilles divinités du Latium avec les dieux de l'Olympe, en vint, au IVe siècle, à échanger le culte de ceux-ci contre les théurgies orientales de l'Égypte et de l'Asie. Le soleil, « l'astre divinisé, semble fondre tous les dieux au feu de ses rayons, dieux grecs et romains, dieux asiatiques; de tous ces métaux en fusion se forment des amalgames étranges: on honore le Jupiter Soleil Sérapis, le Jupiter Sabazius, le Jupiter Baal. » Ce fut surtout le culte du dieu Feu-Soleil Mithra qui devint populaire chez le peuple-roi. Les cérémonies du culte mithriaque avaient beaucoup de ressemblance avec celles de la liturgie chrétienne. Il y avait là pour les chrétiens faibles encore dans la foi un vrai danger de perversion et, pour les infidèles, un prétexte spécieux pour ne point échanger la vérité chrétienne contre l'erreur mithriaque. Le mithriacisme avait ses rites d'initiation, parmi lesquels le plus célèbre est la taurobolie ou la criobolie, c'est-à-dire la purification par l'aspersion du sang de taureau ou de bélier. M. P. Allard donne d'intéressants détails sur cette cérémonie repoussante. — La transformation de

la religion romaine fut une œuvre lente, qui se produisit et s'acheva par le cours insensible des idées et du temps, sans brusque déchirement ni rupture éclatante. Elle passa presque inaperçue aux yeux des apologistes chrétiens, qui continuaient à combattre les dieux grecs et latins encensés au nom de l'État et siégeant toujours au Capitole. Saint Augustin pourtant distingua la nouvelle position prise par le paganisme, et un demi-siècle avant lui, Firmicus Maternus l'avait comprise plus exactement.

On sait que les empereurs payens de Rome se faisaient, de leur vivant même, adorer comme des divinités. Toutes les formules de la chancellerie impériale étaient empreintes de cette idée idolâtrique. Ces formules continuèrent à être employées lorsque les empereurs eurent embrassé le christianisme, et le peuple continua à se prosterner devant leurs statues; mais alors ces hommages avaient perdu leur signification primitive. M. l'abbé Beurlier examine, dans un beau travail, les vestiges de ce culte impérial à Byzance et l'influence que les pratiques de ce culte exercèrent sur la querelle des iconoclastes. Les orthodoxes, défenseurs du culte rendu aux images saintes, tiraient un argument *à fortiori* des honneurs qu'on rendait aux images des empereurs. En Occident, on s'indignait de voir décerner les honneurs de l'adoration à des hommes mortels et, par une réaction explicable mais non excusable, on refusait d'admettre dans les églises des images saintes comme objets de culte ; on ne les acceptait que comme des prédications vivantes destinées à rappeler au peuple l'histoire du Christ et des saints. Telle fut la décision du concile d'Elvire. Les théologiens francs, chargés par Charlemagne d'examiner les actes du IIe concile de Nicée, se prononcèrent dans le même sens dans les *Livres carolins*. Le pape Hadrien prit la défense du concile et rectifia les notions inexactes des *Livres carolins*, mais il laissa sans réponse les attaques qui y sont dirigées contre l'adoration des images impériales et contre la terminologie de la chancellerie byzantine. La doctrine des livres carolins fut néanmoins adoptée par les évêques francs. Ils ne tolérèrent les images que comme moyen d'enseignement aux fidèles. « Les anciens, dit saint Agobard de Lyon, ont permis que l'on plaçât dans les églises des images de saints peintes ou sculptées, mais c'est pour rappeler les faits historiques et non pour qu'elles soient vénérées. » Cette pratique reçut l'approbation du pape saint Grégoire le Grand.

Le mémoire de M. Carra de Vaux sur le philosophe arabe Gazâli est particulièrement intéressant, parce qu'il est fait sur des textes arabes qui n'avaient pas encore été traduits. Il nous fait assister à l'évolution des conceptions philosophiques et religieuses dans une intelligence d'élite, mais imbue des doctrines fatalistes du Coran.

L'égyptologue bien connu, M. F. Robiou, a publié dans la Science catholique (15 nov. 1891) un fort beau travail intitulé : *Peut-on reconnaître dans la théologie de l'ancienne Égypte des traces de la révélation primitive?* Ce mémoire fut produit au congrès, mais le compte rendu n'en publia qu'une analyse détaillée. On y examine successivement : la consubstantialité, y a-t-il une trinité égyptienne? la vie future, Osiris y est-il libérateur? la vie future, l'enfer, le purgatoire et le ciel, la tache originelle, la résurrection. L'auteur arrive à cette conclusion générale: « Il importe souverainement de ne pas perdre de vue ce grand *fait,* qu'il a existé de tout temps dans l'humanité une tradition spiritualiste, graduellement affaiblie d'ailleurs dans les masses par la marche du temps jusqu'à la venue du Messie. Mais il importe grandement aussi de ne pas accepter comme démonstration de ce fait des rapprochements qui seraient simplement possibles entre des traditions nationales et la tradition de la vérité révélée. Ces rapprochements doivent être étudiés avec soin, mais critiqués sévèrement. Nous avons reconnu ici que plusieurs sont incontestables, mais qu'ils ne sont pas aussi nombreux qu'on a pu le penser quelquefois. »

M. Paul Antonini, sinologue spécialiste, étudie sur les anciens textes chinois quelle est la vraie notion du Chang-Ti et du Tien, l'Esprit du ciel et le Ciel. Il établit que dans l'antiquité chinoise le Chang-Ti n'est pas distinct du Tien; que le Tien est un être personnel, intelligent : c'est le roi suprême du ciel. Les anciens Chinois croyaient à une providence intelligente, sachant tout, voyant tout, et faisant partout sentir son action.

L'honorable président de la section, Mgr Lamy, a lu un travail fort consciencieux sur *Les Progrès réalisés dans la littérature syriaque au XIXe siècle* (1). Ces progrès sont fort considérables et doivent stimuler l'ardeur des savants pour qu'ils se portent à

(1) Congrès de 1891, IIe section, p. 187.

de nouvelles recherches dans un champ si fécond et encore si imparfaitement exploré.

N'oublions pas de signaler les belles découvertes (1) faites sur les ruines de Carthage par le R. P. DELATTRE, missionnaire d'Alger. Le savant archéologue communique au congrès, comme fruit de ses travaux, une magnifique série d'inscriptions chrétiennes, provenant de la *Basilica majorum*.

Cette Basilique est décrite par M. l'abbé PILLET (2). On y a trouvé, entre autres monuments, une mosaïque où l'auteur voit une représentation de l'illustre martyre africaine, sainte Perpétue. D'autres membres du congrès combattent cette opinion.

Mentionnons enfin une dissertation de M. l'abbé ANSAULT sur *Le Culte de la croix avant Jésus-Christ* (3). Les conclusions du respectable auteur furent vivement combattues au congrès. Après une longue discussion, Mgr Lamy félicita l'auteur de l'ardeur qu'il a mise à défendre ses convictions. Il constata que les objections produites sont très sérieuses et prouvent qu'il y a lieu à un examen minutieux des textes et des monuments avant d'arriver à une conclusion.

J. CORLUY, S. J.

SCIENCES PHILOSOPHIQUES.

Les travaux de la troisième section sont très variés. Toutes les branches de la philosophie y sont représentées par des œuvres de valeur, depuis l'introduction à la philosophie jusqu'à la métaphysique la plus haute, en passant par la physique générale, la psychologie et l'histoire.

M. CH. HUIT, professeur honoraire aux Facultés catholiques de Paris, dans un mémoire qu'il intitule : *Coup d'œil sur le vocabulaire philosophique contemporain* (4), se plaint, à juste titre, de l'anarchie qui règne dans le langage philosophique, expression de l'anarchie qui règne dans les esprits. Non pas que les néologismes soient à repousser *à priori* : la langue marche comme un fleuve ; à des pensées nouvelles, à des modalités nouvelles de la pensée, il faut des mots nouveaux ; mais il est incontestable que nous sommes aujourd'hui inondés de néologismes « mieux faits pour

(1) *L'Épigraphie chrétienne à Carthage*. Congrès de 1891, IIe section, p. 134
(2) *Les Ruines de la* Basilica majorum *à Carthage*. Ibid., p. 158.
(3) Ibid., pp. 289-293.
(4) Congrès de 1891, IIIe section, p. 5.

déconcerter que pour éclairer. „ Or, d'accord avec M. Huit, " nous savons un gré infini à l'écrivain qui, pour traduire ses propres conceptions, veut bien, dans la mesure du possible, se servir de mes idées et me parler mon langage „ (1).

M. l'abbé de Broglie, cet esprit large, avide d'efforts dans toutes les directions de la pensée, sur le terrain des mathématiques et des sciences aussi bien que sur celui de l'histoire et de l'apologétique, a voulu tenter de remédier à l'anarchie intellectuelle dont nous nous plaignions tout à l'heure, en rappelant les philosophes au respect du bon sens, c'est-à-dire des affirmations spontanées de l'humanité (2). Soucieux, sans doute, de ne pas heurter trop directement la petite vanité des spéculateurs à outrance, M. de Broglie appelle les données du bon sens d'un nom gazé d'euphémisme : *les données synthétiques naturelles.*

Nous trouvons les considérations développées par M. de Broglie fort justes, à condition toutefois que l'on ne perde pas de vue que les données du bon sens sont simplement un point de départ, et qu'il appartient à la science et à la philosophie, en un mot à la raison réfléchie, de les contrôler et au besoin de les amender. Sinon, comme on l'a très bien dit au cours de la discussion engagée sur la portée précise du mémoire, " ce serait faire prisonnière la science qui a la mission et le privilège de s'élever plus haut „ (3).

Un autre moyen de remédier à la division des esprits et à l'orgueil de l'originalité qui en est la cause principale, ce serait de rattacher davantage le présent au passé, de rétablir la chaîne qui relie nos efforts d'aujourd'hui aux doctrines des âges antérieurs. M. l'abbé Élie Blanc, professeur à l'université de Lyon, recommande à cet effet l'étude de *l'histoire de la philosophie* (4), et, pour donner à ses réflexions une conclusion pratique, exprime le vœu que les amis de la scolastique entreprennent de concert une *Encyclopédie des sciences philosophiques.* Nous applaudissons à ce vœu, car nous sommes convaincu que " nulle philosophie ne peut s'appuyer, comme la nôtre, sur le témoignage constant et l'expérience décisive du passé. „

(1) Au premier congrès de 1888, M. Ch. Huit avait présenté deux mémoires ayant respectivement pour titre : *La Métaphysique pessimiste* (tome I, p. 203); *Platon au moyen âge* (tome I, p. 372).

(2) *Des données synthétiques naturelles et de leur emploi méthodique pour l'acquisition de la vérité philosophique.* Congrès de 1891, IIIe section, p. 208.

(3) Ibid., p. 286.

(4) *Note sur l'histoire de la philosophie.* Ibid., p. 154.

La section des *sciences philosophiques* n'eût pas justifié son nom si elle n'avait cherché à creuser les problèmes de la matière et de la vie.

M. le Dr Charles Braig, curé de Wildbad (Wurtemberg), s'est attaché à résumer ce que l'astronomie, la physique et la chimie nous disent de la matière (1). Ce qu'elles nous ont appris, conclut-il, avec plus de netteté et de précision que les observations d'ensemble qui seules jadis étaient possibles, c'est " que la matière est inerte, qu'elle remplit l'espace, qu'elle est divisible jusqu'à un point donné, qu'elle est capable de former suivant des lois fixes des mouvements mécaniques ou des combinaisons chimiques, " mais " tout cela, ajoute-t-il, ne nous a pas indiqué le dernier fond de la matière ni ses propriétés essentielles. "

C'est dans les débats qui suivirent la lecture du mémoire que la question du dernier fond de la matière et de ses propriétés essentielles vint à l'ordre du jour.

On se souvient qu'au congrès de 1888, à la suite d'une note sur *la matière et la forme* de M. l'abbé Farges (2), une discussion très animée s'engagea entre lui et M. de Lapparent au sujet de la constitution intime des composés chimiques.

Comment les éléments persistent-ils dans le composé ?

Pas formellement, dans leur nature propre, disait M. Farges avec les anciens scolastiques, mais *virtuellement,* ce qui veut dire, ajoutait M. Gardair, que les éléments demeurent avec leurs propriétés élémentaires atténuées, *remanent remissae virtutes eorum.*

Mais jusqu'où va cette permanence *virtuelle* des éléments ? Que comporte *l'atténuation* de leurs propriétés élémentaires ? Les chimistes ne réclament-ils ou mieux ne supposent-ils pas la permanence *actuelle* des éléments ? Pour les savants, faisait observer Mgr d'Hulst, le corps est un édifice dont l'architecture varie d'une combinaison à l'autre, par un simple changement dans la disposition des matériaux ; mais chaque pierre, dans tous les cas, conserve sa substantialité propre, sa nature, son individualité.

Que sont donc ces " pierres " dont sont faits les édifices chimiques ? Et de quelle nature sont les changements qu'elles subissent dans les combinaisons ? J'admets, répondait M. de Lapparent, que la transformation des éléments est *radicale,*

(1) *La Matière, étude sur une notion fondamentale de la philosophie naturelle.* Congrès de 1891, IIIe section, p. 42.

(2) *Matière et forme en présence des sciences modernes.* Congrès de 1888, tome I, p. 335. Voir aussi pp. 433 et suiv.

pourvu que, sous le nom d'éléments, vous entendiez les individualités moléculaires et non pas les individualités atomiques. Pour le chimiste, le dernier élément de la constitution des corps, à l'état libre, c'est la molécule, mais il n'y a pas de molécule absolument simple, constituée par un seul atome libre. Dans les analyses et les synthèses chimiques, la molécule primitive est détruite en tant que molécule, mais pas du tout en ce sens que les atomes constitutifs de la molécule cesseraient de conserver leur nature propre.

On était au cœur de la question.

Un changement dans l'édifice moléculaire qui n'exclut point la persistance des individualités atomiques, est-ce une transformation substantielle ou n'est-ce qu'une modification accidentelle d'un agrégat ?

La discussion s'arrêta là, sauf quelques passes sur des questions d'opportunité, par exemple sur le point de savoir s'il y aurait, oui ou non, avantage, au point de vue de la propagande scolastique, à restreindre aux êtres vivants la doctrine de la matière et de la forme, ou encore, s'il ne vaut pas mieux, pour le métaphysicien, marcher à côté, sinon modestement au-dessus des sciences, plutôt que d'aller vers elles au risque de se heurter en route à des conflits parfois désagréables.

Mais la discussion fut reprise au second congrès (1), peut-être cependant avec moins de précision et certainement avec moins d'ampleur.

Cette fois, c'est la distinction entre le mélange et la combinaison qui fit tous les frais du débat.

Dans la combinaison chimique, avait dit le R. P. Bulliot, les propriétés sont intimement changées : ce ne sont pas seulement les résultantes qui changent, mais les forces composantes ; non seulement les effets, mais les causes elles-mêmes.

Le R. P. Poulain conteste cette doctrine. En réalité, dit-il, les propriétés des éléments n'ont pas disparu ; " si elles n'apparaissent plus, c'est simplement parce qu'elles se neutralisent ;..... il n'y a là qu'une question d'agencement. „

Nous retrouvons encore une fois ici en présence les deux affirmations contradictoires auxquelles avaient abouti les débats du précédent congrès. Est-il bien possible, d'ailleurs, d'aller beaucoup au delà ?

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 329 : *Examen des principales théories de la combinaison chimique*, par le R. P. Bulliot. Voir aussi ibid., IIIe section pp. 266 et suiv.

Il n'appartient pas à l'auteur d'un rapide compte rendu d'entrer dans le fond des questions soulevées sous ses yeux. Il est témoin, non pas acteur. Mais il est permis de se demander si, dans les débats sur la nature des corps, on n'attache pas souvent une importance exagérée au changement de propriétés des corps, et si la scolastique ne tirerait pas meilleur parti de l'étude attentive des manifestations *thermiques* dont s'accompagnent les combinaisons chimiques. C'est notre conviction, et il nous semble que M. Witz s'inspirait de cette pensée aussi lorsqu'il appelait avec tant d'insistance l'attention des membres du congrès sur les phénomènes et les lois de la thermochimie.

Après l'étude des propriétés de la matière inorganique, passons à l'étude de la vie avec MM. Vallet et Maisonneuve. Il y a deux lois générales qui président à la perpétuation de la vie : ce sont les lois de l'hérédité et de la variabilité. Les positivistes les font jouer arbitrairement, selon les besoins du moment. Lorsqu'ils plaident la cause du transformisme, il semble que la variabilité des types vivants n'ait pas de limites. Lorsque, au contraire, ils ont besoin de se débarrasser de l'indépendance gênante de la personnalité humaine, il semble que l'hérédité seule domine en souveraine l'évolution de la vie à tous ses degrés.

M. Vallet (1) a suivi le positivisme sur ce dernier terrain, et il a pris à tâche de démêler la part qu'il est permis de faire à la transmission par voie d'hérédité et celle qui appartient à la spontanéité individuelle dans les phénomènes de la vie organique, intellectuelle et morale. La pensée autour de laquelle gravitent les nombreuses et judicieuses réflexions dont son travail est nourri, c'est que la génération transmet bien des *dispositions* ou des *tendances*, mais non pas des *actes* ou des *états*. Et voilà pourquoi l'hérédité ne fait point obstacle à la liberté. « Non sufficit, dit excellemment saint Thomas, ad nostram electionem quaecumque immutatio quae possit esse in nostro corpore... cum per hoc non sequantur in nobis nisi passiones quaedam vel magis vel minus vehementes; passiones autem, quantumcumque vehementes, non sunt causa sufficiens electionis » (2). Les influences héréditaires peuvent exalter, dans une certaine mesure, les passions ; mais si les passions

(1) *Effets et conséquences de l'hérédité*, par M. l'abbé Vallet. Congrès de 1891, IIIe section, p. 247.

(2) *Cont. Gent.* III, 85.

sollicitent la volonté, elles ne la *déterminent* point, sauf peut-être dans certains cas exceptionnels qu'il faut alors considérer comme des cas anormaux, pathologiques. " Je ne crois, disait naguère un écrivain distingué, homme de grande expérience, M. Rousse, je ne crois ni aux fatalités héréditaires, ni aux destinées inévitables. Chacun répond de soi dans ce monde, et la loi des origines n'est trop souvent que la superstition commode des âmes dégoûtées de la liberté. „

C'est faire œuvre utile à la science en même temps qu'à la philosophie spiritualiste et à la morale chrétienne que de déterminer ainsi les limites dans lesquelles les lois de la nature trouvent leur application, et au delà desquelles commencent les préjugés du sectaire ou le caprice des vulgarisateurs de systèmes. Mais il faut prendre garde d'avoir l'air d'attaquer la science tandis que l'on ne s'en prend qu'à ceux qui en abusent. Je ne sais si M. l'abbé Maisonneuve (1) a suffisamment veillé, sous ce rapport, sur l'expression de sa pensée. Il nous dit bien : " La méthode des sciences naturelles appliquée à la psychologie peut être un excellent moyen de vérification, de justification et de contrôle. „ Mais alors, pourquoi ajouter aussitôt : " C'est pour avoir oublié cette sage maxime (que la neutralité en psychologie est coupable) que la psychologie physiologique demeure insuffisante, inefficace, *inutile, dangereuse*.... Elle aurait pu, elle devrait être un auxiliaire; elle est *un ennemi*... „ ?

Nous regrettons vivement ce langage équivoque. Qu'il y ait des psychologues et des physiologistes dangereux, ennemis, qui donc s'aviserait de le contester? Mais les psychologues ne sont pas la psychologie, pas plus que les physiologistes matérialistes ne sont la physiologie, et il nous paraît de mauvaise tactique de faciliter, par nos équivoques de langage, une identification fautive dont nos adversaires n'ont que trop souvent l'outrecuidance de se prévaloir. Je suis sûr d'ailleurs que nous sommes d'accord au fond avec le savant curé d'Avignonnet et que, tout aussi vivement que nous, il voudrait voir surgir de nos rangs de jeunes travailleurs se livrant à l'étude de la psychologie expérimentale sans parti pris, loyalement, " objectivement „, afin qu'il apparaisse aux yeux de tous que, ici comme ailleurs, la science et la philosophie spiritualiste ne se combattent point, mais se soutiennent et se fortifient mutuellement.

(1) *La Psychologie physiologique*, par M. l'abbé Louis Maisonneuve. Congrès de 1891, IIIe section, p. 134.

Tels sont les principaux travaux de la section philosophique qui présentent, pour les lecteurs de la *Revue des questions scientifiques*, un intérêt direct, immédiat.

Les autres travaux entrent moins dans les cadres de cette *Revue*, ils ont davantage un caractère métaphysique ou idéologique, sauf cependant un travail de M. de Margerie sur *Le Libre arbitre*, et un autre de M. de Kirwan sur la distinction entre *l'homme et la bête*, au sujet desquels nous dirons un mot tout à l'heure.

Parmi les premiers, d'ordre métaphysique, mentionnons une étude de M. Caric, sur la *Définition du Beau* (1). Il s'agit d'une définition empruntée au docteur Petrich et que M. Caric a légèrement modifiée pour lui donner l'énoncé définitif que voici: « Le beau est une complexité harmonique de natures quelconques, organisées de telle façon qu'une ou plusieurs perfections en reçoivent le relief convenable et relèvent à leur tour la perfection du tout. »

M. Gardair, qui a eu l'honneur d'introduire la philosophie scolastique à la Sorbonne, et dont l'ouvrage récent *Corps et âme* contribuera beaucoup, nous n'en doutons pas, à répandre dans le public français les solides doctrines de l'Ange de l'École, compare (2) le principe *de raison suffisante* au principe *d'identité* et croit que le premier est contenu dans le second. « L'analyse de l'acte intellectuel qui affirme l'être, montre, dit-il, dans cet acte même l'intuition de la nécessité d'une raison suffisante qui fasse l'être intelligible. »

A vrai dire cependant, le travail de M. Gardair appelle un complément naturel. On eût souhaité, comme l'a fait observer M. de Margerie (3), que l'auteur montrât *comment* le principe de raison suffisante peut être ramené au principe de contradiction ou au principe d'identité. Sinon, qu'est-ce qui m'interdirait de supposer que j'affirme simultanément *deux* principes dont aucun ne contient l'autre?

M. l'abbé Duquesnoy, professeur à l'Université catholique de Toulouse, et notre compatriote M. Monchamp, bien connu par sa

(1) *Une Définition du Beau*, par M. l'abbé Georges Caric. Congrès de 1891, IIIe section, p. 12.

(2) *Les principes de la raison pure*, par M. Gardair. Congrès de 1891, IIIe section, p. 241. — Voir aussi dans les comptes rendus du congrès de 1888, tome I, p. 375, une dissertation de M. Gardair sur *L'Organisme et la pensée*.

(3) Congrès de 1891, IIIe section, p. 286.

remarquable étude sur *Le Cartésianisme en Belgique,* ont traité l'un et l'autre des preuves de l'existence de Dieu (1).

M. Duquesnoy estime qu'il n'y a au fond qu'une seule preuve de l'existence de Dieu. Cependant, écrit-il, " je suis convaincu que, loin d'avoir rejeté les preuves les plus généralement reçues en proposant ma preuve unique, j'en ai mieux marqué le sens véritable et je leur ai donné leur véritable fonction, en faisant d'elles les parties d'une argumentation qui, à elle seule, exprime et représente complètement la raison elle-même déployant toutes ses forces pour se convaincre de l'existence de Dieu. "

M. Duquesnoy semble n'avoir pas assez nettement souligné la distinction entre la contingence des êtres et leur commencement dans le temps. Il est sage de se rappeler cependant que des génies comme saint Thomas d'Aquin n'ont pas aperçu de contradiction dans le concept d'une création *ab aeterno.* Cette réserve trouve aussi sa place à propos du travail d'ailleurs mûrement médité de M. Kiss, *De Quantitate infinita* (2).

Quant à M. Monchamp il n'entre pas au cœur de la démonstration de l'existence de Dieu; il a seulement pour but de recommander aux apologistes la meilleure façon d'asseoir solidement et utilement la thèse fondamentale de l'existence d'un Être absolument nécessaire et infini. Il fait, en passant, de certains systèmes de pédagogie moderne une critique qui nous a beaucoup plu. Ces systèmes, fait-il observer, " ont mis en honneur une formation des facultés cognitives où l'on développe trop exclusivement l'intuition, la déduction et l'induction du sensible au sensible, quand il faudrait développer aussi la puissance abstractive de l'intellect... De là une hypertrophie de la fonction intuitive et sensible, coïncidant avec une atrophie des fonctions supérieures, une anomalie que l'on se plaît à décorer du nom de *phase positive de l'esprit humain,* et qui n'en est que la déformation. "

M. Farges, directeur à l'École des Carmes à Paris, et M. Vacant, professeur de théologie à Nancy, ont pris pour objet d'étude la perception sensible. Le premier, dans un travail très substantiel, nourri de doctrine aristotélicienne et scolastique (3), s'attache à

(1) *De l'Unité des preuves de l'existence de Dieu,* par M. l'abbé Duquesnoy. Congrès de 1891, IIIe section, p. 18. — *Les Preuves de l'existence de Dieu dans l'apologétique contemporaine,* par M. le Dr Georges Monchamp. Ibid., p. 33.

(2) Ibid., p. 320.

(3) *Théorie de la perception immédiate, d'après Aristote et Saint Thomas,* par M. l'abbé Farges. Ibid., p. 157.

justifier l'objectivité de nos perfections sensibles; le second, en quelques pages de fine analyse (1), recherche comment les images concrètes fournies par les facultés sensitives acquièrent *le relief* qui les approprie au travail de la pensée et en fait pour l'intelligence de véritables auxiliaires. Nous recommandons vivement ces deux mémoires à ceux qui s'intéressent aux problèmes idéologiques.

Nous leur signalons aussi tout particulièrement la dissertation de M. Domet de Vorges, intitulée: *De l'Idée d'être et de l'intelligence* (2). M. de Vorges qui est en France le leader du mouvement néo-scolastique, s'est ému des objections des partisans de la philosophie classique qui voulaient emprisonner l'école dans ce dilemme: " Ou bien l'intelligence apporte quelque chose à la connaissance intellectuelle et toutes nos idées ne viennent pas des sens; ou bien elle n'apporte que son activité et vous ne pouvez expliquer l'origine des notions supérieures " (P. 205).

Nous aurions accepté sans sourciller le second membre du dilemme et nous aurions dit: Si par notions *supérieures* vous entendez des notions dont le contenu *positif* est autre que celui que les sens nous fournissent et que l'intelligence abstrait et universalise, nous nions purement et simplement que nous ayons de ces notions supérieures. Si au contraire vous nous accordez que nos notions même *supérieures* empruntent tout leur contenu positif aux données des sens et que c'est par voie de *négation*, — ou par des procédés d'analogie et de transcendance, qui sont encore en définitive des procédés de négation, — que l'intelligence discerne le suprasensible du sensible, alors l'*activité* intellectuelle et les sens suffisent pour expliquer l'origine de toutes nos pensées, y compris nos " notions supérieures. "

Mais cette réponse ne satisferait pas M. de Vorges. Pour lui, il y a dans la pensée un contenu supérieur aux sens, et " l'activité propre de l'intelligence est précisément la représentation des caractères des objets sensibles supérieurs aux sens. "

Et en quoi consiste foncièrement cette activité propre de l'intelligence?

Dans la perception de l'existence.

" Sans doute, écrit-il, l'idée d'être ou d'existence se rencontre au fond de toute perception; mais nous pensons que, dans

(1) *L'art de nos facultés sensitives dans la préparation des concepts et des jugements de notre entendement*, par M. l'abbé Vacant. Congrès de 1891, IIIe section, p. 176.

(2) Ibid., p. 186.

toute perception humaine, il y a intervention d'une faculté supérieure. Cette notion est à la fois expérimentale et supra-sensible, et nous avons dans la perception même un élément qui n'est pas sensible. „

M. Domet de Vorges développe quatre preuves ingénieuses, savamment conduites, qui toutes tendent à établir que sa thèse est à la fois l'analyse exacte du contenu de la conscience et l'interprétation fidèle des enseignements d'Aristote et de saint Thomas.

Il y aurait grand profit pour nous et pour tous ceux qui ont le goût de la métaphysique à suivre pas à pas cette argumentation, d'autant plus que la pensée de M. de Vorges se lit toujours avec aisance, ou plutôt avec charme.

Mais c'est tout le problème des fondements de la science certaine qui est engagé là. On ne peut songer à le discuter en passant. Nous espérons bien y revenir un jour, lorsque M. Domet de Vorges aura publié l'ouvrage qu'il élabore en ce moment même et où il se propose, paraît-il, de synthétiser les idées si pleines d'intérêt que nous venons d'indiquer (1).

Restent les deux mémoires sur *Le Libre arbitre* et sur *L'Instinct et la raison* auxquels nous avons déjà fait allusion plus haut.

Le premier est de M. de Margerie (2). C'est un exposé solide, extrêmement clair et méthodique, de la doctrine du libre arbitre. Le déterminisme y est vigoureusement attaqué.

Nulle part, nous n'avons trouvé à l'objection " que la conscience du libre arbitre est impossible, attendu que nous avons conscience de faire *actuellement* ce que nous faisons et point d'*avoir pu* faire autrement „, une réponse aussi adéquate que la suivante : " Lorsque avant le choix nous nous tournons vers un des partis à prendre, nous sentons que nous ne sommes pas déterminés à le prendre. Il exerce sur nous une force d'attraction, nous exerçons sur lui une force de résistance, et dans ce conflit nous prenons expérimentalement conscience de la supériorité de notre force sur la sienne, en d'autres termes, de notre indépendance relativement à lui. Les autres partis se présentent tour à tour; la même expérience se renouvelle à l'égard de chacun, et nous prenons ainsi conscience de notre indépendance vis-à-vis

(1) L'ouvrage vient de paraître, sous le titre : *La Perception et la psychologie atomistique*, Paris, Roger et Chernoviz.

(2) *Le Libre arbitre*, par M. Amédée de Margerie. Congrès de 1891, IIIe section, p. 67.

de tous. Cette conscience totale, qui est la somme de ces consciences partielles, est proprement la conscience du libre arbitre. »

Les autres objections du déterminisme sont aussi réfutées de main de maître, sauf cependant celle qui est tirée de la constance de l'énergie dans l'univers.

« Cette objection, dit M. de Margerie, présentait le libre arbitre comme une force prétendue créatrice détruisant la loi. La réponse nous montre en lui une force transformatrice appliquant la loi. »

Fort bien, pourrait-on répliquer, mais l'application de la loi, telle que la fait l'agent libre, est une application *sui generis*, elle a pour effet de produire un mouvement différent de celui que les forces de l'organisme laissées à elles-mêmes eussent naturellement déterminé; c'est cette *différence* dans le mouvement qui semble demander une création d'énergie et il y a lieu de montrer pourquoi et comment celle-ci n'est pas indispensable.

Aux procès-verbaux des séances (1), nous lisons qu'il y a un autre point du mémoire du savant professeur de Lille qui a été fort discuté.

M. de Margerie avait expliqué la liberté d'option de la volonté en disant que celle-ci est sollicitée à la fois par des mobiles et par des motifs, par le bien sensible et par le bien intelligible, et qu'il n'y a pas entre ces deux sortes de biens de commune mesure.

Nous croyons avec M. Vacant que cette distinction entre le motif et le mobile n'est pas suffisante, attendu que la volonte ne se détermine par une donnée sensible que si cette donnée est devenue motif intellectuel; nous croyons, en outre, que cette distinction n'est pas nécessaire, attendu que, pour expliquer la liberté, il suffit que nos actes soient des biens partiels envisagés comme moyens d'atteindre le bien complet, peu importe d'ailleurs que ces biens partiels soient homogènes ou hétérogènes (2).

Les lecteurs de la *Revue* ont pu apprécier déjà le beau travail de M. de Kirwan (3) sur les différences entre l'intelligence et l'instinct. Il serait donc superflu de l'analyser longuement.

(1) Congrès de 1891, IIIe section, pp. 271 et suiv.

(2) Rappelons que le premier volume des comptes rendus du congrès de 1888 contient deux études de M. de Margerie, l'une sur *La Morale évolutionniste* (p. 184), l'autre sur *Le Principe de causalité* (p. 276).

(3) *L'Instinct, la connaissance et la raison*, par M. Ch. de Kirwan. Congrès de 1891, IIIe section, p. 111. — Voir REVUE DES QUEST. SCIENT., octobre 1891, tome XXX de la collection.

Dans ses lignes essentielles, la thèse du savant anthropologiste est celle de la philosophie scolastique.

L'âme animale possède toutes les facultés sensitives que possède l'âme humaine. Ces facultés s'ajoutant aux instincts soit innés, soit contractés par habitude ou transmis par hérédité, et servies, dans chaque type ou espèce, par une conformation spéciale des organes, suffisent, par la connaissance qu'elles impliquent des objets concrets et des faits individuels, ainsi que par l'association et la consécution des images, à expliquer tous les faits de la psychologie animale.

A ces facultés sensitives l'âme humaine ajoute une faculté spéciale qui ne se trouve à aucun degré chez la bête : c'est la faculté d'abstraire et d'universaliser.

La connaissance de l'abstrait et de l'universel constitue donc pour l'espèce humaine une véritable caractéristique.

Tel est le bilan philosophique du second congrès catholique de Paris. Puissions-nous, en le dressant, inspirer à ceux qui nous feront l'honneur de nous lire, le désir de consulter les savants travaux dont nous n'avons pu leur donner qu'une rapide esquisse, et l'ambition de s'associer à leur tour aux travaux du congrès scientifique qui se prépare en ce moment même pour l'année 1894!

D. Mercier.

SCIENCES JURIDIQUES ET ÉCONOMIQUES.

On peut résumer les travaux de la section des sciences juridiques et économiques, comme ceux des autres sections, en disant qu'ils ont naturellement abouti à l'apologie de l'Église catholique par l'exposé des saines doctrines scientifiques et des faits qui les corroborent. Cet axiome, qui est la devise de la Société scientifique : *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest,* est toujours vrai, qu'il s'agisse des sciences exactes ou des sciences sociales.

En matière juridique, les doctrines maîtresses sont celles de la philosophie morale dans ses rapports avec le développement social. Aussi le premier des travaux présentés au congrès eut-il pour objet *Les Bases de la morale, ou la synthèse de la*

morale et du droit (1). D'après le rapporteur, le R. P. Forbes, la raison dernière de l'obligation morale dérive de la nécessité imposée à l'homme d'observer l'ordre pour atteindre sa fin suprême. Dieu seul a pu créer cette nécessité; en dehors d'elle et de sa sanction — peines et récompenses éternelles, — tout caractère obligatoire est enlevé à la morale et au droit. Cette doctrine est conforme à l'enseignement traditionnel de l'Église.

Le mémoire de M. Rivalta, avocat à Bologne, complète celui du savant sociologue de la Compagnie de Jésus, à qui ses prédications sociales ont valu récemment l'interdiction du territoire français. Ce mémoire a pour objet l'exposé des *Faux systèmes sur les bases du droit* (2).

L'objet du droit, c'est la justice dans les rapports sociaux. Elle résulte de l'observation dans ces rapports des devoirs prescrits par la morale divine et naturelle. L'homme n'a de droits que comme membre de la société humaine.

De cette vérité découle la nécessité de réagir, au point de vue juridique, contre les théories individualistes qui, de Grotius à Savigny, ont régi la science du droit. Cette démonstration a fait l'objet du rapport de M. Loomans, professeur émérite et ancien recteur de l'Université de Liége (3). D'après M. Loomans, l'homme ne peut atteindre sa fin que dans la société. L'auteur distingue les sociétés nécessaires, comme la famille, et les sociétés volontaires; au nombre des sociétés nécessaires, il place la société religieuse. Le progrès économique requiert, comme le progrès moral, l'existence de la société civile, qui permet la division du travail et les échanges. Mais la société civile est susceptible des formes les plus diverses. C'est ce qui justifie cette affirmation de Savigny, rappelée par M. Loomans au cours de la discussion (4) à laquelle sa communication donna lieu : « Il n'existe pas de code de la raison conçu comme une législation complète, pratique, qu'il suffirait de découvrir et de sanctionner pour fixer à jamais la législation des peuples. » Le congrès, en se montrant favorable à des vues aussi éclectiques, a fait une réponse implicite, mais victorieuse, au reproche d'immobilisme social que ses adversaires adressent volontiers au catholicisme.

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 7.
(2) Ibid., p. 21.
(3) *Des Sociétés nécessaires et des sociétés volontaires*, par M. Ch. Loomans. Ibid., p. 28.
(4) Ibid., p. 249.

Parmi les *sociétés nécessaires,* la famille, la première des sociétés humaines, tient du christianisme sa constitution définitive et parfaite. Cette vérité a reçu une éclatante confirmation de divers rapports présentés aux deux congrès, — ceux de M. Cauvière, professeur de droit romain à l'Institut catholique de Paris, sur *Le Divorce avant l'ère chrétienne* (1), — de M. le chanoine Allègre sur *Le Mariage religieux et la loi française* (2), — de M. Taudière, docteur en droit et avocat à Paris, sur *Les Lacunes signalées par la jurisprudence dans la théorie du Code civil relative à l'autorité paternelle, et la façon dont la loi du 24 juillet 1889 y a pourvu* (3), — de M. Terrat sur l'ensemble du Code civil (4).

L'éminent professeur à la Faculté catholique de Paris a insisté surtout sur les graves inconvénients moraux et sociaux de l'interdiction de la recherche de la paternité. Cette méconnaissance par le droit positif des responsabilités que l'acte procréateur entraîne en raison et en morale produit les plus graves inconvénients. On prétend justifier l'art. 340 du Code civil par le désir du législateur d'éviter le scandale. A la vérité, les abus de la vieille maxime : *Creditur virgini parturienti,* étaient atténués par la maxime même qui ajoutait : *meretrici non item.* Elle n'établissait d'ailleurs qu'une présomption dont la conséquence juridique était seulement de mettre provisoirement les frais de gésine à la charge du prétendu père.

La prohibition du droit moderne " a abaissé la moralité de l'homme et la dignité de la femme. Elle a poussé à l'infanticide, aux drames du vitriol, et a provoqué des acquittements scandaleux par le jury qui renvoie la mère coupable, ne pouvant atteindre le père plus coupable encore.

„ Les conséquences légales de ce système ne sont pas moins désastreuses : 1° En matière de mariage, il rend impossible à l'officier de l'état civil le devoir de s'opposer à des unions monstrueuses, de repousser par exemple le père qui voudrait épouser sa fille naturelle. 2° En matière de succession, il se retourne contre la famille légitime. Le législateur, voulant sagement protéger la famille légitime, a porté des incapacités contre l'enfant naturel, surtout contre l'enfant adultérin : ces incapacités

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 68.
(2) Ibid., p. 101.
(3) Congrès de 1891, IVe section p. 71.
(4) *Vues d'ensemble sur le Code civil,* par M. B. Terrat. Congrès de 1888, t. II, p. 96.

deviennent inutiles, puisque le père n'a qu'à lui léguer ses biens comme à un étranger. La loi a brisé son arme. „

Il est des jurisconsultes — ou plutôt des politiciens — qui voudraient assimiler la famille naturelle à la famille légitime. Entre cette solution et celle du Code, les règles de l'ancien droit tiennent le juste milieu. Elles consacrent l'obligation naturelle du père d'élever ses enfants et sont conformes à la maxime : " A chacun selon ses œuvres. „ C'est la maxime des peuples robustes, comme s'est exprimé M. Terrat.

Dans le domaine du droit civil, il faut signaler à côté des *Vues d'ensemble sur le Code civil*, malheureusement trop succinctes, de l'éminent professeur, une très savante et curieuse étude sur *L'Église et les contrats consensuels* (1). L'importance attachée par le rapport de M. Beaune, ancien procureur général près la Cour d'appel de Lyon et professeur de droit coutumier à la Faculté catholique de cette ville, au rôle de l'Église dans la formation de la théorie moderne des contrats, a donné lieu à une note de M. Lescœur, professeur de droit romain à la Faculté catholique de Paris (2). D'après la théorie moderne, le consentement des parties suffit en général pour la formation ou la dissolution d'un rapport juridique. M. Lescœur a fait remarquer que si, dans la plupart des cas, le droit des XII Tables n'attachait d'efficacité qu'au *pactum vestitum*, c'est-à-dire au consentement des parties revêtu de formes solennelles, il n'en est plus ainsi au plus haut période du développement de ce droit, ni surtout à l'époque de Justinien. Nous mentionnons cet échange de vues, quand ce ne serait que pour faire remarquer que M. Lescœur n'a pas contesté la thèse du rapporteur.

L'influence du christianisme sur l'ensemble de la législation justinienne est au surplus manifeste, et il est universellement admis qu'elle a eu pour effet de briser en maints cas les cadres d'un rigorisme évidemment fâcheux au point de vue social. Le droit romain, qu'on a appelé la *raison écrite*, est surtout remarquable par la rigueur des déductions logiques. Mais comme l'a dit M. Loomans au congrès, " la logique du droit n'est pas la raison d'être du droit, et l'esprit des lois diffère essentiellement des principes de justice, base rationnelle des lois, au point qu'une institution, celle de l'esclavage, par exemple, peut avoir sa logi-

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 56.
(2) Ibid., p. 252.

que et son esprit fort remarquables, tout en étant en contradiction avec la raison et avec le principe de la personnalité humaine „ (1).

Le droit pénal des Romains, comme celui de toute l'antiquité, était absolument rudimentaire et barbare dans son concept et dans ses applications. Ici encore le rôle de l'Église fut non moins prépondérant que bienfaisant. C'est qu'elle seule donne la justification adéquate du principe de la responsabilité, — comme nous l'avons vu, — et ce principe est le seul fondement rationnel du droit pénal. Il est bon de le remarquer en passant, les criminalistes qui nient le libre arbitre nient par là-même la raison d'être du droit pénal. A l'heure où les écoles matérialistes et déterministes veulent ruiner par la base l'ordre social, en s'attaquant au principe de la responsabilité humaine, on n'eût pas compris qu'un congrès scientifique catholique se désintéressât des graves problèmes de l'anthropologie criminelle. Aussi ont-ils fait l'objet de travaux qui ont occupé une place considérable dans les délibérations de la première et de la deuxième session du congrès.

Au congrès de 1888, M. Lacointa, ancien avocat général à la Cour de cassation, professeur de droit des gens à la Faculté catholique de Paris, a traité *De l'influence du christianisme sur le droit pénal et le régime pénitentiaire, plus particulièrement au* XIXe *siècle* (2), et MM. A. Rivière, ancien magistrat, et Villion, directeur de l'Asile de Saint-Léonard, à Couzon (Rhône), respectivement *De l'influence de la religion sur les progrès de la réforme pénitentiaire* (3), et *Des Refuges ouverts aux libérés adultes au point de vue de la préservation de la récidive* (4).

" A l'Église, a dit M. Lacointa, revient l'honneur d'avoir imprimé à la pénalité le caractère qui lui appartient, en substituant l'idée de justice, d'expiation, à celle de vengeance personnelle, en possédant la première notion des *circonstances atténuantes,* ainsi qu'il résulte de décrétales d'Alexandre III, — en organisant, avant tout pouvoir séculier, le régime de l'*emprisonnement cellulaire,* comme le prouve le *motu proprio* émané, le 14 novembre 1703, de Clément XI,...—en rejetant, par respect

(1) *Des Sociétés nécessaires et des Sociétés volontaires,* par M. Ch. Loomans. Congrès de 1888, t. II, p. 29.
(2) Ibid., p. 141.
(3) Ibid., p. 132.
(4) Ibid., p. 151.

pour la dignité humaine, les peines exécutées devant le peuple,... en excluant la confiscation, en recommandant... la mesure dans la répression... Dès les premiers siècles de l'ère chrétienne, conclut M. Lacointa, les Conciles s'étaient préoccupés du sort des prisonniers. „

Le rapporteur signale ensuite les réformes réclamées à la fin du siècle dernier dans les *Cahiers du clergé* rédigés lors de la convocation des États-Généraux.

Parmi ces réformes, plusieurs font l'honneur du droit et de la procédure pénale contemporaine : l'énoncé des motifs des arrêts de condamnation, l'abrogation de la sellette et de la question préalable, la suppression du serment de l'accusé, — la cessation de la différence des supplices d'après le rang et la naissance, — la suppression des peines afflictives et infamantes, — la personnalité de la peine.

Trop souvent l'expiation sociale commence quand la loi juge que le coupable a satisfait et met fin à la peine. La protection des condamnés libérés a reçu de l'Église sa forme la plus convenable. Le congrès de 1888 a loué les remarquables résultats obtenus, grâce aux refuges ouverts aux condamnés adultes, au point de vue de la préservation de la récidive, que M. l'abbé Villion a appelée avec raison le nœud gordien de la réforme pénitentiaire. C'est un nœud gordien en effet, et que les manifestations nécessairement intermittentes du dévouement des sociétés purement philanthropiques ne sauraient dénouer. La création des refuges au contraire le tranche victorieusement.

Le congrès de 1891 aussi s'est occupé du problème de la criminalité à la fois au point de vue théorique et au point de vue pratique. C'est ce dernier aspect de la question qu'a choisi M. Célier, avocat au Mans, dans sa communication sur *Le nouveau Code pénal italien* (1), tandis que M. Lacointa a présenté une *Etude psychologique et morale sur la criminalité* (2). Les deux travaux se complètent, car si la détermination des peines est toujours difficile et souvent arbitraire, elle peut donner lieu aux plus monstrueux abus lorsque le point de départ du législateur est erroné. Il faut dire à l'honneur des auteurs du Code italien que leur œuvre est une œuvre de science. Mais, comme l'a dit le rapporteur, elle n'en porte pas moins atteinte aux droits de l'Église, dans des dispositions il est vrai accidentelles, et que l'esprit sectaire y a fait ajouter.

(1) Congrès de 1891, IVe section, p. 103.
(2) Ibid., p. 114.

Le législateur italien avait à compter avec la nouvelle école d'anthropologie criminelle. « En traçant les règles de l'imputabilité, il ne s'est pas écarté cependant des principes essentiels de l'antique philosophie du droit pénal; en même temps il a su s'inspirer des suggestions de la science contemporaine. Il se refuse à admettre la thèse — destructive du principe de responsabilité — de la force irrésistible, mais recherche et réglemente avec soin toutes les causes qui altèrent ou diminuent la responsabilité de l'agent. »

Parmi les réformes introduites par le Code italien, qui est entré en vigueur depuis deux ans seulement, on peut signaler la suppression de la peine de mort et la libération conditionnelle.

Dans chacune de ses deux sessions, le congrès s'est préoccupé à divers points de vue du redoutable problème du paupérisme, qui influe si considérablement sur la criminalité. M. Alexis Chevalier, ancien chef de bureau au ministère de l'intérieur, a fait au premier congrès l'histoire instructive de *L'Assistance publique et* de *la charité chrétienne depuis la révolution jusqu'à nos jours* (1). En 1891, M. Boullaire, docteur en droit et ancien magistrat, a traité de la question plus spéciale *De l'Assistance dans les campagnes* (2).

A quelque point de vue que l'on se place, on est amené à proclamer la quasi insolubilité du problème, et à conclure qu'en dépossédant l'Église de ses biens, qui étaient avant tout le patrimoine des pauvres, l'expropriation révolutionnaire a été non seulement un attentat au droit, mais une erreur et une faute sociales. Et la mainmise n'a même pas produit d'avantages financiers: les charges effrayantes qui pèsent sur la fortune française ont inspiré à M. le Cte de Luçay l'étude sur *Les Contributions de la France à cent ans de distance,* qu'il a présentée au deuxième congrès de Paris (3).

M. l'abbé Bourgain, professeur d'histoire à la Faculté catholique d'Angers, a communiqué à la première session du congrès le résumé d'un mémoire considérable sur *La Propriété ecclésiastique avant 1789* (4), où il poursuit la démonstration de cette thèse que l'Église était seule propriétaire des biens ecclésiastiques avant la révolution. La question n'a pas qu'un pur

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 233.
(2) Congrès de 1891, IVe section, p. 204.
(3) Ibid., p. 180.
(4) Congrès de 1888, t. II, p. 91.

intérêt rétrospectif. De sa solution dépend aussi, du moins en bonne logique, la solution que recevrait la question des traitements du clergé au cas de dénonciation du Concordat. Si le pouvoir civil n'a jamais eu aucun droit de copropriété dans le patrimoine ecclésiastique, il s'ensuit que le budget des cultes est une dette, qu'il a son origine dans l'expropriation, et que son maintien est théoriquement indépendant de celui du Concordat. Il paraît néanmoins bien certain que l'abrogation du Concordat entraînerait en fait la suppression du budget des cultes. C'est bien ainsi que la question est comprise à Rome, et l'on s'explique dès lors que la plus haute autorité ecclésiastique ait revendiqué pour elle seule la compétence du sujet de son maintien ou de sa dénonciation, car la suppression du budget des cultes causerait — momentanément à tout le moins — à l'Église de France de très graves difficultés.

Au cours de la discussion dont la communication de M. l'abbé Bourgain a fait l'objet (1), de curieux renseignements ont été fournis sur le caractère juridique qu'avait la propriété ecclésiastique en divers pays, notamment en Allemagne. Il serait intéressant de voir poursuivre ces études par les congrès ultérieurs. En Belgique, la question a donné lieu à des polémiques retentissantes à la suite des mercuriales de M. Mesdach de ter Kiele, procureur général près la Cour de cassation. Ces études ont une importance pratique immédiate, car la détermination des droits des modernes fabriques d'église s'y rattache plus ou moins intimement.

Si patentes que soient les funestes conséquences de la mainmise révolutionnaire, les politiciens de la troisième République entendent suivre les exemples de la première en réduisant à l'impuissance de faire le bien et même en anéantissant s'ils le peuvent les congrégations religieuses, dignes continuatrices des institutions charitables de l'ancien régime. M. Hubert-Valleroux, avocat à la Cour de Paris et docteur en droit, dans son rapport sur *Les Personnes morales sans but lucratif et leur capacité de posséder* (2), a démontré de quel avantage sont pour la collectivité certaines institutions de mainmorte. Pour soutenir cette thèse, le rapporteur s'est appuyé sur les exemples du passé et les exemples contemporains de l'étranger. S'il a raison au point de vue qui est sien, il nous paraît cependant que, quand même les

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 250.
(2) Congrès de 1891, IVe section, p. 141.

facilités de la mainmorte seraient offertes à nos œuvres charitables, les catholiques devraient tenir en défiance ces faveurs de la loi : l'histoire nous apprend que, partout et toujours, notamment en Angleterre et en Allemagne au XVIe siècle, en France au XVIIIe, la mainmorte ecclésiastique aboutit à la mainmise laïque.

Au surplus, le péril en France aujourd'hui est d'autre sorte. La situation faite aux congrégations par une loi récente a donné lieu à une note toute d'actualité de M. le Cte DE VAREILLES-SOMMIÈRES, doyen à la Faculté catholique de droit à Lille, *Sur le caractère onéreux de l'accroissement qui s'opère en vertu de la clause de réversion dans les congrégations religieuses et autres associations* (1). Nos amis de France nous apporteront sans doute à Bruxelles, en 1894, de nouveaux renseignements sur les attentats des modernes jacobins contre la liberté de conscience : puissent-ils avoir à enregistrer d'ici-là un retour de la législature républicaine à une appréciation plus saine des vrais intérêts sociaux.

M. A. DEHAYE, membre de la Société de législation comparée, a fourni au congrès de 1888 une preuve de plus des tendances irréligieuses des lois républicaines, dans sa communication relative à *L'Outrage à la religion et aux dispositions qui le répriment dans les législations de l'Europe* (2). Le rapporteur a réclamé le rétablissement en France de l'art. 6 de la loi du 25 mars 1822. Les revendications très modérées et très savamment motivées de M. Dehaye toucheraient le législateur si son siège n'était fait. " D'accord avec l'illustre auteur des *Lois,* disait M. Dehaye, nous estimons que ce qui se passe entre l'homme et son Créateur nous échappe, que Dieu mieux que personne " sait la mesure et „ le temps de ses vengeances. „ Il ne s'agit pas davantage de mettre obstacle à la discussion savante des idées, pas plus qu'à l'expression, si vive soit-elle, des opinions. Ce que nous entendons réprimer, c'est l'insulte froidement grossière, c'est la persévérante calomnie perfidement répandue dans les couches incultes de la population, où rien ne peut en prévenir ni en réparer le dommage. „

On ne s'explique guère que par

> " ... l'esprit d'imprudence et d'erreur
> De la chute des rois funeste avant-coureur, „

et même de la chute des ministres républicains, qu'en présence

(1) Congrès de 1891, IVe section, p. 97.
(2) Congrès de 1888, t. II, p. 122.

des assauts furieux livrés par le socialisme international aux sociétés contemporaines, la nécessité de respecter la religion et ses ministres ne soit pas mieux comprise. Car elle seule, par ses promesses d'éternité, aide efficacement les classes déshéritées à supporter patiemment l'épreuve de la vie.

N'est-ce pas une étrange et effrayante chose, en ce siècle dont nous ne méconnaissons pas le haut et providentiel rôle dans l'histoire de l'humanité, alors que les peuples les plus avancés en civilisation semblent prêts à se ruer les uns contre les autres avec une frénésie rendue plus terrible par l'application des progrès scientifiques les plus merveilleux à l'art de la guerre, n'est-ce point chose à la fois étrange et effrayante de voir l'accord international réalisé par les forces du socialisme révolutionnaire?

De l'excès même du mal le bien peut sortir. C'est l'importance des armements qui rend la guerre presque impossible. Les dépenses qu'ils entraînent feront peut-être entrer quelque jour la question du désarmement dans une voie nouvelle. Toujours est-il que les efforts en vue de la constitution de la *Société internationale* se multiplient. Il faut signaler à ce point de vue l'étude présentée au premier congrès de Paris par M. L. Olivi, professeur à l'Université de Modène, sur *Les Arbitrages internationaux et l'établissement d'une Cour internationale permanente* (1). Le caractère éminemment pratique de la communication du savant professeur apparaît notamment par la distinction qu'il établit entre les litiges qui peuvent être l'objet d'un arbitrage et ceux qui ne le peuvent pas : il excepte avec raison de l'arbitrage les conflits qui portent sur l'existence libre et souveraine des États, « parce qu'on ne peut admettre la faculté pour un État de se détruire lui-même. »

Au congrès de 1891, M. Olivi a traité dans son mémoire sur *Les Moyens du droit international contre l'anarchie* (2), une question à laquelle les récents exploits des anarchistes donnent un intérêt tout spécial.

Parmi les objets pour lesquels la question d'une législation internationale est posée, il faut ranger les conditions du travail industriel. M. Béchaux, professeur d'économie politique à la Faculté catholique de Lille, a fait parvenir au congrès de 1891 une communication sur l'état de la question de *La Législation inter-*

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 158.
(2) Congrès de 1891, IVe section, p. 249.

nationale du travail (1). Peut-être pareille législation ne donnerait-elle pas les résultats qu'en attendent les interventionnistes, peut-être aussi réserverait-elle à tous bien des surprises. En la supposant réalisable, on peut se demander si elle influerait sur les crises économiques. Celles-ci, — à la différence des conditions du travail essentiellement nationales, professionnelles, locales, — ont un caractère international. C'est ce qu'a établi un spécialiste distingué, M. Cl. Juglar en dégageant de la contingence des faits les lois de l'intermittence des crises, dans un rapport sur *Les Crises commerciales et leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis* (2).

Si les mesures légales agissent sur l'état social, comme nous avons pu le constater à propos de la confiscation des biens dits de mainmorte, les faits économiques à leur tour exercent une influence considérable sur le droit positif. La connaissance de cette action réciproque est désormais indispensable aux jurisconsultes et aux législateurs. M. Béchaux avait déjà mis en plein jour ce point de vue, au congrès de 1888, en traitant *De l'influence de l'économie politique sur les études juridiques* (3).

L'ensemble des travaux du congrès consacrés à la science économique constitue une véritable synthèse de la question sociale, à laquelle manquent peut-être des conclusions immédiatement pratiques.

Deux rapporteurs ont étudié à la lumière du droit naturel les théories nouvelles en matière de propriété. Le mémoire du R. P. Baudier est consacré à *La Théorie de Henry George sur la propriété privée du sol* (4) ; celui de M. G. Verbiest, avocat à Bruxelles, est intitulé *La Propriété en droit naturel* (5).

Le rapport du P. Baudier a donné lieu à un intéressant débat au sujet des conséquences qu'aurait pour l'agriculture l'adoption de la réforme sociale réclamée par H. George comme un minimum de reconstruction sociale, l'impôt unique sur la propriété foncière (6).

(1) Congrès de 1891, IVe section, p. 169.
(2) Ibid., p. 230.
(3) Congrès de 1888, t. II, p. 192.
(4) Ibid., p. 46.
(5) Congrès de 1891, IVe section, p. 5.
(6) D'autres travaux sont relatifs aux questions agricoles si importantes au point de vue des intérêts généraux dans tous pays. Celui de M. L. Durand, avocat à Lyon, sur *Le Gage sans dessaisissement* (Congrès de 1891, IVe section, p. 90), se rattache intimement à la question du développement du crédit

Le mémoire de M. Verbiest aussi a fait l'objet d'un échange de vues. Au cours de celui-ci, M. Duverger a rappelé la théorie du Code civil telle qu'elle est formulée par Portalis dans l'*Exposé des motifs du titre de la Propriété*. Portalis en justifie le principe par sa conformité avec les exigences de la nature humaine. Pareille justification demande à être précisée : il ne faut pas comprendre que chacun des membres de la société doit être *propriétaire* pour atteindre sa fin, mais seulement que, *conforme* aux exigences et aux aspirations de la nature, la propriété est une *nécessité sociale*. C'est dans ce sens que s'exprime l'Encyclique *Rerum novarum*.

M. C.-S. Devas a envoyé un rapport traitant des *Doctrines malthusiennes et darwiniennes sur la population* (1). Ces doctrines doivent être combattues surtout en France, où le malthusianisme pratique exerce de terribles ravages (2).

Il faut pourtant savoir gré à Malthus — dont la doctrine est d'ailleurs différente de celle de ses disciples — d'avoir posé le principe hautement moral que l'homme est responsable au premier chef de l'acte procréateur, et que, comme les autres, cette fonction de la vie humaine doit être gouvernée par la raison. C'est ce que le Dr Petithan de Liége a fait très justement remarquer au congrès, et l'on regrette de ne trouver au *Compte rendu* que le résumé très sommaire de l'intéressante communication qu'il a faite à ce sujet.

La question de la population n'est pas fondamentale seulement dans la science économique. Son importance sociale n'est pas moins considérable : c'est en grande partie à cause des doctrines pessimistes de l'école classique sur la population que les socialistes concluent à la nécessité d'une répartition des biens qui ne serait pas basée sur le principe de l'acquisition individuelle.

A la vérité, le remède à la crise sociale nous paraît être d'autre sorte, car nous croyons indispensable à la paix et au progrès économique le maintien du principe de la propriété ainsi

agricole. Celui de M. C. Antelme, membre du corps législatif de l'île Maurice, sur *Les Réformes à l'île Maurice dans la législation civile* (Ibid., p. 258), a principalement pour objet le régime hypothécaire.

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 217.

(2) Un mémoire de M. E. Michel, docteur en droit, avocat à Nice, est relatif à la question de *L'Influence des lois successorales sur la puissance d'expansion des différentes races*, qui intéresse si directement la natalité française (Congrès de 1888, t. II, p. 225).

que la sauvegarde de l'action modérée de la loi de la concurrence. Dans ce dernier ordre d'idées, signalons l'importance que sont appelées à prendre dans l'avenir les associations professionnelles. On se rendra mieux compte de leur rôle futur après avoir étudié les groupes professionnels dans le passé. Une communication très curieuse a été faite à ce sujet : *Des Institutions qui pourraient procurer aux patrons et aux ouvriers des avantages analogues à ceux des anciennes corporations,* par M. HUBERT-VALLEROUX (1).

Le titre même de ce rapport indique suffisamment, pour ceux qui ne connaîtraient pas le savant économiste, que son mémoire est écrit dans une note très scientifique, et que l'auteur n'admire pas sans réserves les associations de combat de l'Angleterre. En effet, de l'esprit des syndicats dépendra leur rôle social belliqueux ou pacifique : c'est ce qui rend si désirable la prédominance de l'influence religieuse au sein des unions ouvrières.

On peut présenter ainsi la synthèse de la question sociale au point de vue solutionniste : amélioration du régime du salariat; modification du régime de la propriété, celle-ci devant être ramenée à son rôle social et rationnel. De cette double réforme dépend la paix sociale. A côté des associations professionnelles, le développement des sociétés de secours mutuels et des assurances sociales (2) est destiné à améliorer le sort de la classe ouvrière. La propriété devrait être grevée d'obligations sociales, comme elle l'a été pendant tout l'ancien régime et l'est encore en maints pays, — si pas d'obligations civiles et politiques, ainsi que l'a proposé au congrès de 1891 M. le comte YVERT, dans son rapport sur *L'Union de la propriété et de l'autorité pour la paix sociale* (3).

Fait digne de remarque, les éminents jurisconsultes et sociologues du congrès se sont révélés comme des adeptes convaincus de la *méthode d'observation.* Les catholiques doivent y adhérer d'autant plus volontiers qu'ils peuvent en contrôler les enseignements à la lumière indéfectible de leur foi.

Les travaux de la section juridique du plus prochain congrès catholique, qui aura lieu après la promulgation de l'Encyclique *De la condition des ouvriers,* seront très probablement consacrés,

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 200.

(2) Cte BAGUENAULT DE PUCHESSE : *Les Sociétés de secours mutuels, les caisses de retraite et l'assurance obligatoire.* Congrès de 1891, IVe section, p. 220.

(3) Ibid., p. 210.

en majeure partie, à élucider le plus pratiquement possible les grands problèmes sociaux. Ils s'inspireront des principes consolants que Léon XIII a rappelés et précisés dans cette encyclique, et seront ainsi, comme ceux du congrès de Paris, la fière revendication pour l'Église de Jésus-Christ d'une part prépondérante à tous les vrais progrès.

ÉD. VAN DER SMISSEN.

SCIENCES HISTORIQUES.

Les Populations primitives de la Grèce, par M. HENRI FRANCOTTE, professeur à l'Université de Liége (Congrès de 1891, V^e^ section, pages 1 à 51). — Dans une étude très approfondie des textes, M. Francotte montre la faiblesse et l'incohérence des traditions relatives aux Pélasges. Il conclut qu'il n'y a jamais eu de Pélasges en Grèce. Il ne faut les conserver ni comme nation, ni comme désignation collective. Le mot s'applique aux Hellènes des temps antéhistoriques. L'auteur indique les étapes qu'a parcourues la légende concernant les Pélasges. Son savant mémoire se termine par deux appendices : A. Les Pélasges de Lemnos. — B. Les Lélèges et les Cariens.

Les Dernières découvertes faites au cimetière de Priscille, par M. J.-B. DE ROSSI (Ibid., pp. 52 à 57). — Ce travail fait suite à un mémoire présenté au premier congrès des savants catholiques (1) sur l'hypogée des *Acilii Glabriones*, dans le cimetière de Priscille. Il résume les dernières découvertes, en commençant par les données relatives à la crypte du saint martyr *Crescentio*. Après un essai historique sur la série priscillienne des tombes papales, M. de Rossi indique les rapports de la basilique de Saint-Silvestre avec l'hypogée des Acilii Glabriones. La basilique de Saint-Silvestre a été construite sur les cryptes mêmes des Acilii, avec un escalier de communication.

La Nécropole pontificale du Vatican, par M. l'abbé DUCHESNE, membre de l'Institut (Ibid., pp. 58 à 65). — Les papes des deux premiers siècles furent enterrés près de l'apôtre saint Pierre, au Vatican. Plus tard, au cinquième siècle, saint Léon le Grand

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 261.

donna l'exemple de revenir à Saint-Pierre, et il fut suivi par presque tous les papes, jusqu'en 914. Enfin, depuis Urbain VI, l'antique usage a été repris et se continue jusqu'à notre temps. — M. Duchesne s'occupe ici des données fournies par l'auteur du *Liber pontificalis;* il montre que celui-ci n'a pas parlé *de visu,* mais d'après certaines traditions et aussi certains inventaires aujourd'hui perdus.

Les Représentations du Jugement sur les monuments des catacombes, par Mgr WILPERT (Ibid., pp. 66 à 68). — Les dictionnaires d'archéologie chrétienne ne nous renseignent pas sur ce sujet. Les archéologues ne citent qu'une peinture de la catacombe de Saint-Cyriaque. Mgr Wilpert indique *huit* autres fresques, dont l'importance dogmatique ne saurait être niée.

L'Organisation chrétienne au IIIe siècle, par le R. P. CH. DE SMEDT, S. J., Bollandiste (Ibid., pp. 69 à 94). — Ce mémoire, le plus important de ceux présentés à la section d'histoire, complète celui du même auteur inséré dans le compte rendu du Congrès scientifique de 1888 (tome II, p. 297) et publié aussi dans la *Revue des questions historiques* du 1er octobre 1888. Le savant bollandiste s'occupe ici de l'origine du régime paroissial. « Je me crois obligé de conclure, dit-il, contre l'opinion généralement reçue, que le régime paroissial, tel que nous l'entendons maintenant, n'exista pas dans les grandes villes, et particulièrement à Rome et à Alexandrie, avant le milieu du ve siècle. Néanmoins, il dut exister, dès les premières années du ive siècle, du moins en Orient, dans les campagnes. » Antérieurement, chaque église, c'est-à-dire, chaque communauté de fidèles, ayant ses réunions régulières pour le service divin, était gouvernée par un évêque. L'auteur examine ensuite quels étaient les liens qui unissaient entre elles les diverses églises.

L'Inscription des Pennes, par M. l'abbé CONSTANTIN, vicaire à Saint-Remy de Provence (Ibid., pp. 95 à 102). — Note relative à une inscription latine assez étendue, ayant appartenu à l'ancienne église du bourg des Pennes (Bouches-du-Rhône). Ce texte, d'une réelle importance, fait mieux connaître l'extension des institutions franques dans le midi de la Gaule.

Le Cursus ou rythme prosaïque dans la liturgie et dans la littérature de l'Église latine, du IIIe siècle à la Renaissance, par M. l'abbé LÉONCE COUTURE, doyen de la Faculté des lettres de l'Université catholique de Toulouse (Ibid., pp. 103 à 109). — Cette notice a pour but de faire connaître l'existence de trois

sortes de cadences, marquant la fin des périodes, quelquefois même la fin des membres de phrase dans les oraisons liturgiques : le cursus *planus*, le cursus *tardus* et le cursus *velox*.

Le faux Diplôme de Charlemagne pour Aix-la-Chapelle, par M. le Dr Grauert, professeur à l'Université de Munich (Ibid., pp. 110 à 124). — Cette pièce doit avoir été composée dans la seconde moitié du xie siècle, et plus probablement pendant la minorité d'Henri IV, dans les années 1057-58. Le but du faussaire est de montrer la prédominance d'Aix-la-Chapelle sur les autres villes de l'Empire ; bien plus encore, de soustraire l'élection des Empereurs à l'action des Souverains Pontifes. Les rois intronisés à Aix devaient obtenir la dignité impériale *jure et sine ulla interdictione*.

La Lèpre en Occident avant les Croisades, par M. Kurth, professeur à l'Université de Liége (Ibid., pp. 125 à 147). — On a dit à satiété que la lèpre a été introduite en Occident par les croisades. Dans son intéressant mémoire, M. Kurth se propose de reprendre l'examen de la question, en réunissant tous les témoignages. « Je démontrerai d'abord que les croisades n'ont pas apporté la lèpre en Occident, puisqu'elle y régnait de temps immémorial, et que nous en rencontrons des traces nombreuses depuis les jours de l'Empire romain jusqu'au départ des premiers croisés pour la Terre Sainte. Je montrerai ensuite qu'elle n'était nullement dans nos pays une triste exception, mais qu'elle avait tous les caractères d'une maladie fort répandue... J'espère, enfin, établir qu'il n'y a aucune corrélation entre les croisades et la multiplication hypothétique du fléau à partir d'une certaine époque du moyen âge. » Après lecture des pages érudites de M. le professeur Kurth, il serait difficile de ne pas souscrire à cette conclusion de son travail : « les faits recueillis ci-dessus établissent à suffisance la thèse que je me suis proposé de démontrer. »

Les Hérétiques du comté de Toulouse dans la première moitié du XIIIe siècle, par M. l'abbé Douais, professeur à l'Université catholique de Toulouse (Ibid., pp. 148 à 162).— Dans une enquête conduite en 1245 par les inquisiteurs à Toulouse, cinq mille six cent trente-huit témoins jurés furent entendus. Cette enquête fournit les renseignements les plus irrécusables sur l'état de l'hérésie dans le comté de Toulouse, à la fin du xiie siècle et au commencement du xiiie. M. Douais résume toute cette enquête avec lucidité. On voit les hérétiques saper tous les fondements

de la société, la propriété, le mariage, aussi bien que la religion M. Douais fait remarquer que les hérétiques du comté de Toulouse doivent être distingués des Vaudois, avec lesquels ils eurent cependant des pratiques communes, et rattachés aux hérétiques de Lombardie, particulièrement aux cathares ou néo-dualistes.

Hermann le Dalmate et les premières traductions latines des traités arabes d'astronomie au moyen âge, par M. l'abbé CLERVAL, de Chartres (Ibid., pp. 163 à 169). — Ce travail a pour but de montrer que la science arabe ne fit invasion en Espagne et en Gaule qu'au second quart du XIIe siècle. Tolède et Toulouse furent alors les foyers d'une véritable renaissance, en rendant aux chrétiens d'Occident les traités que les Arabes avaient empruntés jadis aux chrétiens d'Orient. Ce sont, en effet, les écoles chrétiennes et les monastères de Syrie qui ont initié les Arabes à la culture de la science et de la philosophie grecque. M. Renan l'a reconnu.

L'Évangélisation de l'Amérique avant Christophe Colomb, par M. le Dr LUKA JELIC, de Spalato (Dalmatie) (Ibid., pp. 170 à 184).— L'auteur a découvert aux archives vaticanes des documents importants qui se rapportent aux relations qu'avaient les évêques de Gardar, au Groenland, avec l'Amérique du Nord. Avant de citer les pièces qu'il a retrouvées, M. le Dr Jelic fait d'une manière très intéressante le résumé des faits jusqu'à présent connus qui prouvent avec certitude l'introduction du christianisme en Amérique avant les découvertes espagnoles.

La Légende de Skanderbeg, par M. l'abbé PISANI, professeur à l'Université catholique de Paris (Ibid., pp. 185 à 194).—L'histoire du héros de l'Albanie a été défigurée par des récits sinon romanesques, tout au moins invraisemblables. M. Pisani croit que, aujourd'hui encore, l'histoire de Barletius est la meilleure source que nous possédions, en attendant la publication de textes plus probants qui viennent la contredire.

Les Jésuites et les procès de sorcellerie avant Frédéric de Spée, par Mgr J. JANSSEN (Ibid., pp. 195 à 204). — Le grand historien que l'Allemagne a perdu, il y a un an, lave les jésuites du reproche assez ridicule de connivence avec les personnes adonnées à la magie et aux sortiléges. Il montre surtout la sagesse et la prudence recommandées par les théologiens de l'ordre, dans les affaires de sorcellerie.

Traité d'Antoine de Bourbon avec le chérif de Fez et tentative d'expédition au Maroc, par M. PIERROT-DESEILLIGNY (Ibid., pp. 205 à 212). — Note publiant le texte inédit d'un traité que le père d'Henri IV conclut avec le chérif de Fez en 1559, dans le but d'obtenir un port au Maroc. — Ce traité est resté lettre morte, mais présente cependant certain intérêt au point de vue du droit international.

De l'Autorité des Mémoires de Vieilleville, par M. l'abbé C. MARCHAND, professeur à l'Université catholique d'Angers (Ibid., pp. 213 à 218). — Courtes observations qui démontrent péremptoirement la mauvaise foi des *Mémoires de Vieilleville,* par son secrétaire Carloix. « Ce livre ressemble beaucoup aux récits de campagne d'un vieux soldat : il mérite juste le même degré de confiance. »

Le Duc de Mercœur et Henri IV, par M. l'abbé A. FAVÉ, du diocèse de Quimper (Ibid., pp. 219-220).—Analyse d'un mémoire où l'auteur s'attache à montrer que le gouverneur de Bretagne ne fut pas un ambitieux mais un homme de bonne foi.

Histoire de la Constitution Unigenitus *dans le diocèse de Nevers,* par M. l'abbé MARILLIER, vicaire général de Nevers (Ibid., pp. 221 à 228). — Étude locale sur les perturbations et les péripéties du jansénisme dans le diocèse de Nevers, tant avant qu'après la publication de la fameuse bulle de 1713, portant condamnation des 101 propositions extraites des *Réflexions morales* du P. Quesnel.

Voyage de Pie VI à Vienne en 1782, par M. l'abbé GENDRY, du diocèse de Nantes (Ibid., pp. 229 à 240). — On connaît les innovations, malencontreuses pour la plupart, de l'empereur Joseph II. Pie VI essaya de traiter personnellement et de vive voix avec le trop entreprenant César. M. Gendry a compulsé les archives impériales de Vienne. Il nous fait voir les deux conseillers de l'Empereur, Kaunitz et Cobenzl, inventer tous les moyens de rendre inefficaces les bonnes intentions du Pape et les promesses de Joseph II.

L'Œuvre scolaire de la Révolution, par M. le chanoine ALLAIN (Ibid., pp. 241 à 248). — Communication *simplement verbale,* faite au congrès par l'auteur d'un ouvrage important : *L'Œuvre scolaire de la Révolution. Études critiques et documents inédits* (Paris, Didot). La révolution a réussi à détruire presque tous les organes de la vie intellectuelle en France; elle n'est pas parvenue

à réédifier. Ayant constaté l'incapacité de la Convention à organiser l'enseignement, l'auteur relate les fondations utiles et durables qu'elle éleva pour le progrès des sciences : la réorganisation du Muséum et l'École polytechnique. Le Directoire comprit enfin que l'on faisait fausse route, mais sans entrer résolument dans la bonne voie. La loi de 1802 ne parvint pas non plus à relever l'enseignement public au niveau où il était avant 1789.

La Situation des curés avant la Révolution, par M. l'abbé SICARD (Ibid., pp. 249 à 256). — Simple résumé d'un ouvrage du savant vicaire de Notre-Dame de Lorette, à Paris, où il étudie successivement la situation morale, canonique, sociale et communale des chefs de paroisse, sous l'ancien régime. Pour la situation temporelle des curés, on s'en réfèrera aux articles publiés dans le *Correspondant* (10 et 25 février 1890).

Le Pays des puits de feu dans la province de Se-Tchoan, par le P. COLDRE, des Missions-Étrangères (Ibid., pp. 257 à 258).—Communication où l'auteur résume le travail qu'il a publié dans les *Annales des Mines,* numéro de mai-juin 1890. Il s'agit des salines exploitées de temps immémorial et avec les mêmes procédés, les mêmes outils, les mêmes machines qu'il y a mille ou quinze cents ans. Étude géologique et industrielle tout à la fois sur les sauneries de Se-Tchoan (Chine).

Le volume que nous venons de parcourir se ferme par les procès-verbaux des séances de la section (Ibid., pp. 269 à 280). Il nous est impossible, faute d'espace, de les analyser. La plupart des discussions se rapportent d'ailleurs aux travaux reproduits dans les pages qui précèdent.

La septième séance de la section a été consacrée aux sciences géographiques. Nous remarquons un rapport très utile (1) fait par M. le Cte DE BIZEMONT et intitulé : *L'Enseignement géographique devant le Congrès international de géographie de 1889.* Le rapporteur traite successivement toutes les questions qui intéressent l'enseignement primaire, l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur. Le congrès recommande : 1° de combiner, avec les exemples fournis par la géographie locale, l'enseignement des rapports généraux qui relient les phénomènes géographiques ; 2° d'établir, dans la mesure du possible, les exercices pratiques sur les données précises des cartes d'état-major. — Il

(1) Congrès de 1891, Ve section, pp. 277 et suiv.

y a lieu aussi de limiter la part laissée aux exercices de pure mémoire et de s'abstenir de questions trop minutieuses.

On voit que le *Congrès scientifique international des catholiques* de 1891 marque les progrès de la critique au XIXe siècle. Les catholiques ne se désintéressent d'aucune question qui a pour objet la recherche du vrai. Le congrès de 1894, espérons-le, sera digne de ses aînés.

J.-J.-D. SWOLFS.

PHILOLOGIE.

La création de la section de philologie a constitué un des principaux progrès réalisés par le congrès de 1891. En effet, l'on avait dû regretter en 1888 cette fâcheuse lacune dans ses travaux. Au deuxième congrès, grâce à l'initiative de MM. le comte de Charencey et l'abbé Rousselot, les sciences philologiques ont fourni au Compte rendu le 6e fascicule, volume compact de 195 pages, renfermant, outre les procès-verbaux des séances, douze mémoires.

C'est à M. Koschwitz, professeur de philologie romane à l'Université de Greifswald (Poméranie), qu'a été dévolue la présidence de la section : elle a tenu trois séances.

Les mémoires ont porté sur les questions les plus variées de la linguistique générale, de la phonétique, de la philologie classique, orientale et américaine.

M. l'abbé GIESWEIN a essayé de plaider *La Réductibilité des langues au point de vue morphologique* (1). Entreprise hardie, car on s'accorde assez généralement à reconnaître que le lien qui unit les langues, pour les ramener à une commune origine, échappe jusqu'à présent aux investigations. Il est vrai que les recherches en vue d'établir l'unité avaient porté davantage sur les racines.

C'est sur un autre terrain, celui de l'affinité morphologique, que M. Gieswein veut poser cette question. En d'autres termes, pour lui les procédés linguistiques ne séparent essentiellement les unes des autres, ni les langues isolantes des agglutinantes, ni celles-ci des langues flexionnelles. La diversité morphologique

(1) Congrès de 1891, VIe section, p. 24.

n'entraîne pas de diversité spécifique: l'isolation, l'agglutination, la flexion sont le développement d'un même principe, tout comme la chenille, la nymphe et le papillon appartiennent à une même espèce.

Nous n'oserions affirmer que ces conclusions seront du goût de tout le monde; en tout cas, personne ne contestera à leur auteur le mérite de les avoir développées avec une érudition du meilleur aloi.

M. l'abbé Rousselot a fait connaître au congrès des appareils très perfectionnés qui permettent de saisir sur le vif et d'inscrire non seulement la parole, comme dans le phonographe, mais tous les mouvements des organes, les vibrations du larynx, de la langue, des lèvres, des fosses nasales, des dents (1).

Cette découverte du savant professeur de l'Institut catholique de Paris est d'une importance capitale pour l'étude de la phonétique. On n'ignore pas, en effet, que celle-ci n'est pas autre chose que l'étude, ou plutôt la constatation des modifications organiques inconscientes qui transforment avec le temps la physionomie des langues. Eh bien, les ingénieux appareils de M. Rousselot enregistrent ces modifications. Dès lors, on peut se rendre un compte exact des transformations. En effet, ces instruments très ingénieux et très délicats sont mis en mouvement par chacun des facteurs qui contribuent à l'émission du mot prononcé, et ils traduisent automatiquement sur le papier le phénomène particulier auquel ils donnent lieu. Une feuille teintée tourne lentement sur un rouleau mû par un mouvement d'horlogerie, et sur cette feuille un stylet qui reçoit les vibrations transmises par les différents organes de la parole trace les courbes et les diagrammes pour marquer les différentes actions physiologiques dont le mot est la résultante. On le voit, c'est la phonétique vivante mise à la place de la phonétique morte des grammairiens. Aussi M. Rousselot a-t-il pu très justement définir son système : *la phonétique expérimentale.*

Depuis que M. Rousselot a fait connaître au congrès ses méthodes, il a eu la satisfaction de les voir consacrées par une double approbation. La Sorbonne l'a reçu docteur, à l'unanimité des suffrages, et le congrès des philologues allemands réunis à Berlin ayant exprimé le désir d'entendre de la bouche même de l'inventeur l'exposé de son système, M. Rousselot s'est rendu à

(1) Congrès de 1891, VIe section, p. 109. *La Méthode graphique appliquée à la recherche des transformations inconscientes du langage.*

cette invitation. Le congrès lui a rendu ce témoignage qu'il avait embrassé et heureusement résolu toutes les parties du problème.

Mais il ne suffit pas de posséder l'instrument, il faut choisir avec discernement les sujets d'observation. M. Koschwitz (1) a précisé ce point avec l'autorité de sa haute compétence en philologie romane. A son avis, c'est sur les patois modernes qu'il convient d'opérer. Trop longtemps la grammaire comparée n'a été " qu'une sorte d'anatomie des langues mortes. „ Sans doute, ce travail a été nécessaire, mais n'est-ce pas une erreur que de se borner au passé ? Les conditions de la vie actuelle des langues jettent bien du jour sur les transformations qu'elles ont subies dans leurs phases antérieures.

A cet égard, le savant professeur de Greifswald a préconisé surtout la mise en œuvre des patois du Midi de la France, moins étudiés jusqu'à présent que ceux du Nord. Et pourtant, les patois du Midi représentent souvent dans leur état présent des étapes que les idiomes du Nord, fixés plus tôt, ont parcourues au moyen âge.

D'ailleurs, les mémoires du congrès fournissent la preuve du principe émis par M. Koschwitz. L'intéressant travail de M. Camélat (2) sur le parler d'Arréns, canton d'Aucun (Hautes-Pyrénées), est venu enrichir la somme des documents que, du reste, la *Revue des patois gallo-romains* augmente chaque jour.

Pour achever la revue des questions de philologie générale traitées au congrès, il faut citer la dissertation de M. l'abbé Lepitre, professeur à l'Université catholique de Lyon, sur *Les Néo-grammairiens d'Allemagne* (3).

Non seulement, nous avons là une histoire très complète des nombreux travaux qui ont paru depuis 1878, mais encore une étude critique des principes de la jeune école.

A bon droit, M. Lepitre donne son adhésion entière aux deux principes sur lesquels les néo-grammairiens appuient leurs conclusions. En effet, il est très vrai que le développement du langage a sa cause non pas en lui-même (ce n'est pas un organisme, comme le prétendait Schleicher), mais dans les lois physiologiques et psychologiques de la nature humaine. En outre, il

(1) Congrès de 1891, VIe section, p. 113. *La Phonétique expérimentale et la philologie franco-provençale.*

(2) Ibid., p. 127. *Le Patois d'Arréns.*

(3) Ibid., p. 5.

convient de ne pas négliger, pour formuler les lois du langage, l'observation des langues modernes, du moins en ce qui concerne les lois premières et générales.

De ces deux principes, les néo-grammairiens ont tiré un double axiome, qui forme la base de leur système. Le premier affirme la constance des lois phonétiques. Celles-ci ne comportent pas d'exceptions; celles que l'on objecte ou bien proviennent d'autres causes, par exemple une influence savante, l'accent, ou sont simplement apparentes. D'où le second axiome : Tout phonème qui paraît contredire la constance des lois phonétiques doit être attribué à l'analogie.

M. Lepitre discute à fond ces deux axiomes et nous fait connaître les nombreuses objections qu'ils ont soulevées ainsi que les réponses données pour les justifier. Il conclut d'une part que si les néo-grammairiens n'ont pu prouver d'une manière péremptoire la constance des lois phonétiques, ils ont donné assez de bonnes raisons pour que leur axiome puisse être admis provisoirement et sauf vérification ultérieure. D'autre part, il leur accorde le mérite très grand d'avoir, en montrant toute l'importance de l'analogie, mieux fait ressortir l'action des facteurs psychiques dans les créations et les transformations linguistiques.

On le voit, M. Lepitre ne dissimule point ses prédilections. Nous ne lui ferons qu'un reproche: c'est de n'avoir rien dit des fameuses nasales sonnantes, ni du vocalisme des néo-grammairiens. Peut-être n'a-t-il point voulu entrer dans l'examen de ces détails, pour se restreindre uniquement aux principes généraux.

Voyons maintenant l'appoint de la section de philologie pour le progrès des différents groupes linguistiques. L'américanisme a eu sa part, grâce au beau travail du R. P. Gerste, S. J., sur *La Langue des Chichimèques* (1). Nous pouvons nous dispenser de l'analyser, les lecteurs de la *Revue* en ayant eu la primeur l'an dernier. (Voir la livraison de juillet 1891, p. 81.)

M. Gérard Devèze a esquissé avec érudition et compétente appréciation le tableau du progrès réalisé, de 1885 à 1890, dans la langue et la littérature hindoustanie et tamoule (2). Lui-même y a pris une part active par la traduction de *Çakuntalâ* et des *Contes du Guru Paramârtta*. Relevons en passant une

(1) Congrès de 1891, VIe section, p. 42.

(2) Ibid., p. 65. *Les Langues et la littérature du sud de l'Inde, langue et littérature hindoustanie et tamoule de 1885 à 1890.*

petite inexactitude : le *Vétâlapancavinçati* n'est pas en latin dans la *Chrestomathie sanscrite* de Lassen ; on n'y trouve que le texte sanscrit.

Comme l'indique son sous-titre (1), le travail de M. Casartelli relève autant de la mythologie que de la philologie. Pourtant l'étymologie y joue le grand rôle. M. Casartelli a essayé d'établir la parenté des oiseaux mythiques monstrueux qui tiennent une si large place dans la littérature orientale, hindoue, persane et arabe. Nos lecteurs connaissent sans doute l'oiseau *Roc, Rukh, Rûkh* des *Mille et une Nuits*. Cette légende, dans la forme que lui donne le conte arabe, est déjà bien dénaturée. Mais M. Casartelli, en remontant jusqu'à l'Inde védique, a retrouvé tous les ancêtres du fameux oiseau. Cette étude est conduite avec grande sagacité et peut servir de modèle à des recherches du même genre. Les étymologies n'ont rien que de plausible ; l'auteur a réussi à se garder des fantaisies qui déparent et discréditent trop souvent les essais similaires.

Un de nos confrères de la Société scientifique de Bruxelles, M. Léon De Lantsheere, a pris une part active aux travaux de la section de philologie, et le compte rendu officiel lui donne cet éloge bien mérité qu'il a tenu, pendant presque toute la séance du 3 avril, l'assemblée sous le charme de sa parole au sujet des Hittites, de leur histoire, de leur art et de leur langue (2).

Sujet bien spécial ; oui, mais M. De Lantsheere s'en est rendu si profondément maître, il l'a exposé avec tant de lucidité qu'il a réussi à intéresser vivement ses auditeurs. Il en sera de même pour tous ceux qui étudieront son savant mémoire.

Les Hittites sont ce peuple de la Syrie, inconnu il y a quelques années, qui semble avoir joué un certain rôle dans l'Asie mineure. On a naguère retrouvé ses monuments, ses inscriptions. Des travaux nombreux, aux conclusions les plus aventureuses, ont été publiés. Il n'était pas sans utilité de grouper les données certaines acquises jusqu'à présent, d'écarter décidément les hypothèses inadmissibles et d'indiquer ainsi les voies sûres qui peuvent mener à la solution des problèmes soulevés par la langue et la civilisation des Hittites.

Pour cela, M. De Lantsheere réunit d'abord tous les renseignements fournis sur les Hittites par la Bible, les documents égyptiens et assyriens, les monuments hittites eux-mêmes.

(1) *Un Chapitre d'évolution mythologique et philologique.* Congrès de 1891, VIe section, p. 78.

(2) *De la Race et de la langue des Hittites.* Ibid., p. 154.

Puis l'auteur essaie de déterminer à quelle race appartiennent les Hittites, et dans quel groupe linguistique il faut ranger leur idiome. Ces questions demeurent obscures; toutefois, M. De Lantsheere penche pour une opinion moyenne entre le système de M. Sayce et celui de M. Halévy. Les Hittites, d'origine septentrionale, et parlant une langue alarodienne, ont envahi un territoire occupé par les Sémites et les Chananéens.

Le dernier travail de philologie orientale présenté au congrès est celui de M. le baron CARRA DE VAUX, qui a tenté *Une classification des pluriels brisés en arabe* (1). Ce travail répond à une double question : quelle loi morphologique permet de reconnaître, parmi les vingt-quatre formes de pluriels brisés (2), une forme apte à servir de pluriel à un singulier donné ? Quelle raison logique a attribué à une forme existante ou possible la valeur d'un pluriel ?

M. Carra de Vaux attache, pour résoudre la première question, une grande importance au principe du renversement de l'accent. Pour la solution de la seconde, il signale deux tendances, l'une à faire du pluriel un collectif, l'autre à en faire un féminin. Nous ne pouvons insister davantage sur les développements de cette thèse, sous peine de fatiguer le lecteur. Aussi bien c'est aux arabisants, que la question intéresse, à se prononcer sur la valeur des vues neuves proposées par M. Carra de Vaux.

La linguistique européenne a été moins favorisée que la philologie orientale. Deux mémoires seulement représentent cette partie des études philologiques, l'un de M. le comte de Charencey sur quelques étymologies de la langue basque, l'autre de M. l'abbé Duquesnoy, qui traite de l'augment aux aoristes du verbe grec ἄγνυμι.

M. le comte DE CHARENCEY s'est occupé dans son travail des mots empruntés par le basque au gaulois, au grec et aux idiomes germaniques (3). Dans la discussion qui a suivi la lecture de ce mémoire, plusieurs objections ont été présentées. En particulier, M. Koschwitz a réclamé, pour des recherches de ce genre, la méthode la plus rigoureuse. Cette méthode doit s'inspirer, si

(1) Congrès de 1891, VIe section, p. 180.

(2) Ce chiffre n'est pas constant chez les différents grammairiens. La récente *Grammaire arabe* du P. Donat Vernier, S. J., Beyrouth, 1891, t. I, p. 260, cite vingt-neuf formes de pluriels brisés.

(3) *Sur quelques étymologies de la langue basque.* Congrès de 1891, VIe section, p. 58.

l'on veut aboutir à des résultats scientifiquement plausibles, des deux règles suivantes : reconstituer d'abord, d'après l'induction philologique, la forme sous laquelle le terme a dû être emprunté; en second lieu, prouver qu'en vertu des lois phonétiques en vigueur depuis la date de l'emprunt, le mot adopté a dû revêtir la forme sous laquelle il persiste aujourd'hui.

Dans son mémoire (1), M. l'abbé Duquesnoy établit qu'à l'époque classique les écrivains grecs évitèrent de faire sortir de l'indicatif l'augment des aoristes ἔαξα, ἐάγην, mais que depuis cette époque, sous l'influence contaminatrice du parfait κατ-εάγα sur l'aoriste κατ-εάγην et par suite sur κατ-έαξα, le peuple et même certains écrivains se sont habitués à ne plus restreindre l'usage de cet augment à l'indicatif. Ce travail de M. Duquesnoy, fruit de longues et patientes recherches dans les anciens grammairiens et dans les textes des auteurs revus sur les manuscrits, renferme une leçon indirecte aux auteurs du programme de licence proposé en France à la session d'avril 1889. On y demandait en effet de conjuguer à *tous les modes* l'aoriste passif ἐάγην. M. Duquesnoy prouve fort bien que, si l'on fait profession de garder la langue des grands siècles, il faut s'en tenir à l'indicatif.

Nous avons terminé la revue sommaire des travaux de la section de philologie du congrès de 1891. Pour dire toute notre pensée, nous n'hésitons pas à déclarer que les travaux constituent un ensemble très satisfaisant. Ils dénotent des auteurs parfaitement à la hauteur de leur tâche. En particulier, les mémoires de MM. Koschwitz, Rousselot, De Lantsheere et Carra de Vaux attireront certainement l'attention des spécialistes.

Espérons que l'école philologique belge aura à cœur d'organiser la section au congrès de 1894, et lui assurera un égal succès.

J. Van den Gheyn, S. J.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Les mathématiques et leur histoire ne tiennent qu'une place peu considérable dans les congrès de 1888 et 1891. Voici un aperçu sommaire des sujets traités dans les 142 pages qui y ont été consacrées.

(1) *L'augment aux aoristes du verbe* ἄγνυμι. Congrès de 1891, VIe sect., p. 89.

L'Enseignement des arts libéraux à Chartres et à Paris, dans la première moitié du XIIe siècle, d'après l'Heptateuchon de Thierry de Chartres, par M. l'abbé CLERVAL, professeur au grand séminaire de Chartres (1888, t. II, pp. 277-296). — Description et analyse du célèbre manuscrit dont Chasles a tiré, il y a un demi-siècle, des renseignements si curieux sur l'histoire de l'arithmétique. Parmi les conclusions de l'auteur qui peuvent intéresser les mathématiciens, nous citerons celle-ci : il est probable que c'est Hermann le Dalmate qui a traduit les *Canones Ptolemei,* au XIIe siècle, et qui a fait connaître le zéro arabe à Thierry de Chartres. M. l'abbé Clerval admet encore que les apices peuvent être attribués à Boèce, opinion difficile à soutenir aujourd'hui.

Esquisse de l'histoire des origines du calcul infinitésimal, par M. C. NARBEY, premier vicaire à Clichy (1891, VIIe section, pp. 89-102).— Albert le Grand parle avec précision de l'infini en mathématique. Divers auteurs du moyen âge, en traitant des progressions et des comparaisons de vitesses dans les mouvements, ont préparé sans doute la voie à Wallis et à Neper, et par Wallis à Newton et Leibniz. L'auteur attribue avec raison une grande influence au livre de Wallis, *Arithmetica infinitorum,* sur Newton. Incidemment, il fait remarquer que Boèce n'a pas connu nos chiffres.

Communication relative à la nouvelle édition des œuvres complètes d'Augustin Cauchy, par M. VALSON, doyen de la Faculté catholique des sciences de Lyon (1888, t. II, pp. 515-520).—Cauchy (1789-1857), le plus éminent des mathématiciens français du XIXe siècle, a fait des découvertes capitales en arithmétique supérieure, en analyse, en géométrie, en mécanique, en physique mathématique et en mécanique céleste. Sa vie nous offre l'un des plus beaux exemples qu'on puisse citer de l'alliance d'un génie supérieur avec une foi simple et pratique, ardente et pure de tout alliage. M. Valson donne une notice sur l'édition des œuvres de ce grand géomètre, publiée par lui sous les auspices de l'Académie des sciences de Paris, et qui ne comprendra pas moins de 26 volumes in-4° de 500 pages. Cauchy a écrit quatre livres d'enseignement sur l'analyse, dix volumes à part de mémoires sous les titres *Exercices, Résumés, Nouveaux exercices,* et en outre encore, plus de 600 autres notes ou mémoires, dans divers recueils.

L'Esprit des mathématiques dans les temps modernes, par M. LAURO CLARIANA-RICART, professeur de calcul différentiel et de

calcul intégral à l'Université de Barcelone (1888, t. II, pp. 501-513).— Esquisse rapide de l'histoire des mathématiques, dans le but de faire ressortir la tendance moderne des mathématiciens à revêtir leurs conceptions d'une forme géométrique. Selon l'auteur, les géomètres actuels partent de l'observation empirique pour remonter à ce qu'il y a de plus transcendantal, tandis que les Grecs posent des axiones pour les porter ensuite sur le terrain de la réalité. Le mieux serait de chercher la base des mathématiques à la fois dans le monde réel et dans le monde des idées. Selon nous, la *forme* seule des sciences mathématiques, au XIXe siècle, est géométrique, le *fond* devient de plus en plus arithmétique pur. En outre, l'expérience ne décide pas plus en faveur de la géométrie euclidienne que de l'une des géométries non euclidiennes voisines, contrairement à ce que semble affirmer l'auteur.

Influence du monde idéal dans l'analyse infinitésimale, par M. Lauro Clariana-Ricart, professeur de calcul différentiel et de calcul intégral à l'Université de Barcelone (1891, VIIe section, pp. 74-88). — L'idée de l'indéfiniment petit suffit pour établir simplement les bases de l'analyse infinitésimale, vérité exposée ici un peu longuement et sans qu'il soit dit suffisamment que les méthodes rigoureuses des anciens et des modernes, dans les questions relatives à l'analyse infinitésimale, sont absolument équivalentes.

Note sur quelques questions classiques de mécanique et d'analyse, par M. Villié, doyen de la faculté des sciences de l'Université catholique de Lille (1891, VIIe section, pp. 16-21). — 1° Quand un mobile doit passer avec une vitesse nulle en un point où il serait en équilibre, cette position d'équilibre est en général instable et ne peut être atteinte qu'au bout d'un temps infini. 2° Signe du rayon de courbure d'une courbe plane en coordonnées polaires. 3° Signe du rayon de torsion d'une courbe gauche. 4° Distance minima ou maxima d'un point à une surface. 5° Existence de l'intégrale définie. La démonstration du dernier théorème n'est pas nouvelle : elle est due à Cauchy, comme le théorème lui-même, souvent attribué à Riemann ou à M. Darboux (Voir *Statique* de Moigno, c. 7 et 9).

Sur une application des fonctions elliptiques, par M. l'abbé Rivereau, professeur à la Faculté des sciences, à l'Université catholique d'Angers (1891, VIIe section, pp. 22-29). — L'auteur montre d'abord comment on peut ramener l'une à l'autre deux méthodes

données par Halphen pour réduire les intégrales elliptiques à la forme normale de Weierstrass. Il se sert ensuite des formules obtenues pour exprimer les coordonnées homogènes d'un point d'une cubique plane par des fonctions entières de *pu* et de ses dérivées. Enfin, il démontre le théorème sur la constance du rapport anharmonique des tangentes menées à une cubique par un de ses points.

Discussion sur les principes de la géométrie (1891, VIIe section, pp. 381-382).— 1° M. DE BROGLIE : Il faudrait mettre davantage en évidence les principes intuitifs de la géométrie, puis démontrer, au moyen de ces principes, non seulement le postulatum d'Euclide, mais aussi d'autres propositions admises implicitement dans la plupart des traités. 2° M. MANSION : Les lacunes signalées sont déjà comblées par divers géomètres, sauf pour le postulatum d'Euclide. Mais on a prouvé pour celui-ci : *a)* qu'il ne pouvait se déduire des propriétés de la ligne droite admises universellement comme caractérisant cet être géométrique; *b)* qu'il était compatible avec ces propriétés, et, par suite, que la géométrie euclidienne est absolument rigoureuse. La métagéométrie, ou géométrie générale, a donc contribué à affermir et non à ébranler la certitude de la géométrie euclidienne. Ce qu'elle a ébranlé, c'est un des dogmes admis sans preuve aucune par Kant et ses adhérents, savoir que nos affirmations premières sur l'espace sont des jugements synthétiques *à priori*, c'est-à-dire des jugements qui ne sont établis ni par l'expérience, ni par le raisonnement.

Principes de la nouvelle géométrie du triangle, par le R. P. AUG. POULAIN, S. J., sous-directeur des internats à l'Université catholique d'Angers (1891, VIIe section, pp. 30-73).—Résumé original, sous une forme très condensée et cependant claire et élémentaire, des principaux travaux analytiques sur la géométrie du triangle, avec quelques aperçus nouveaux ou peu étudiés, " qui pourraient devenir le point de départ de nouveaux développements intéressants " (NEUBERG, *Mathesis,* 1892, p. 43). Dix chapitres : 1. Objet de la nouvelle géométrie du triangle. 2. Coordonnées trilatères et barycentriques. 3. Quelques équations trilatères. 4-5. Points réciproques, inverses, dérivés. 6-7. Coordonnées tripolaires et angulaires. 8. Angles et distances. 9. Méthode pour démontrer les théorèmes. 10. Encore quelques points remarquables.

Méthode nouvelle pour réduire l'équation d'une conique et déterminer ses axes ou son paramètre, par M. V. Lac de Bosredon, professeur à la Faculté catholique des sciences d'Angers (1891, VIIe section, pp. 5-15). — On met l'équation de la conique à centre sous forme de somme de carrés de fonctions linéaires, et l'on prend pour nouveaux axes de coordonnées les droites ayant pour équations ces fonctions linéaires égalées à zéro. On trouve les axes de la courbe en se servant des théorèmes d'Apollonius sur la relation entre les axes et les diamètres conjugués. On procède à peu près de même dans le cas de la parabole. La méthode n'est pas entièrement nouvelle.

Copernic, par M. P. Mansion (1891, VIIe section, pp. 382-384). — Copernic, après S. Thomas et Posidonius ou son abréviateur Geminus (comme beaucoup de savants du XVIe siècle et du commencement du XVIIe siècle, et aussi plusieurs géomètres éminents de notre temps), regardaient les théories astronomiques comme de pures hypothèses explicatives, des descriptions systématiques des phénomènes. Cette manière de voir exclut toute recherche des causes de ces phénomènes, laquelle est réservée à la partie de la philosophie appelée aujourd'hui cosmologie. — Ajoutons ici que le célèbre procès de Galilée a roulé tout entier, non sur la question astronomique (telle qu'on l'entendait alors et qu'on doit l'entendre aujourd'hui encore), mais sur la question de cosmologie ou de philosophie qui peut s'y rattacher; le texte de la condamnation le prouve d'ailleurs sans réplique.

P. M.

SCIENCES PHYSIQUES.

Au premier congrès, les sciences physiques furent associées aux sciences mathématiques et naturelles pour ne former qu'une seule section ; mais un physicien avait été délégué spécialement dans le but de recueillir des adhésions parmi les travailleurs et d'obtenir leur concours. Le professeur des Facultés catholiques de Lille, à qui échut l'honneur de cette délégation, eût vivement désiré que de nombreux collègues vinssent apporter au congrès l'exposé de leurs recherches ou bien qu'ils choisissent un sujet dans le vaste programme des questions proposées. Mais, malgré

ses démarches et ses sollicitations, deux mémoires seulement purent être lus en séance : c'était peu pour une science qui est en train de révolutionner le monde.

Le second congrès ne changea rien à l'organisation des bureaux, ni au reste, mais le résultat fut tout autre, attendu que onze mémoires purent être retenus pour être communiqués à l'assemblée : si la progression se poursuit, il y aura pléthore au congrès de Bruxelles. Il faut reconnaître que la commission d'examen fut bénigne, et qu'elle accorda le *legatur* et l'*imprimatur* à la plupart des postulants. Un vice-président physicien fut donné à la sixième section dans la personne de M. Amagat, membre correspondant de l'Institut, et sa parole autorisée fut d'un grand secours dans les discussions très vives qui s'élevèrent entre les physiciens et les métaphysiciens; ce devraient être des frères, mais ils mériteraient souvent d'être appelés des frères ennemis. Hâtons-nous de dire que les choses finissent d'une façon plus pacifique aux congrès qu'à Thèbes, car Polynice et Étéocle ne se séparent jamais sans se serrer cordialement les mains.

Parmi les onze mémoires admis aux honneurs de la lecture, nous en retrouvons deux des RR. PP. Leray et Bulliot, qui avaient seuls porté le drapeau des sciences physiques au premier congrès. Comme les communications de 1891 font suite à celles de 1888, nous réunirons les analyses de ces importantes études, qui toutes deux confinent à la philosophie naturelle.

Le R. P. Leray, professeur au collège des Eudistes de Versailles, poursuit depuis de longues années un essai de synthèse des forces physiques : sa théorie a été exposée dans deux volumes auxquels nous renvoyons les lecteurs désireux de l'approfondir; le savant religieux en a lu et développé deux chapitres aux deux congrès de 88 et de 91. Son premier mémoire était intitulé : *Origine et conservation simultanée de la chaleur et de la pesanteur* (1); le second avait pour objet *La Cohésion* (2); les deux étaient remarquables par l'originalité des vues et la nouveauté des aperçus. Adversaire déclaré de l'action à distance, le P. Leray essaie de rendre compte des phénomènes physiques au moyen des chocs d'éléments constituant un milieu subtil, extrêmement élastique ; c'était l'idée de Lesage, mais elle a été sensiblement

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 521.

(2) Congrès de 1891, VIIe section, p. 114. *Plan d'un mémoire sur la cohésion.*

modifiée et réellement perfectionnée. L'éther élastique ne suffit plus à la tâche qui lui incombe et il est nécessaire de lui adjoindre un auxiliaire, *l'éon,* dont les atomes impénétrables, mais élastiques et déformables dans les chocs, sont plus petits encore que ceux de l'éther ; l'éon est dépositaire de l'énergie primordiale de la nature, et il communique cette énergie à l'éther par ses chocs. L'éther, non élastique par lui-même, le devient ainsi et prend la propriété de ne pouvoir transmettre que les vibrations longitudinales, à l'exception des vibrations transversales, qui s'y éteignent presqu'aussitôt nées. Voici en quels termes M. Amagat rend compte de l'œuvre du P. Leray dans la *Revue générale des sciences :* " Par l'ingéniosité des idées qui y sont exposées et la logique de leur enchaînement, par le nombre considérable des questions importantes qui y sont traitées avec succès et même par les développements analytiques dont ces questions ont été l'objet, le travail du P. Leray est une œuvre originale et remarquable, qui mérite d'être lue avec attention par toutes les personnes qui s'intéressent aux progrès de la physique mathématique et que les questions relatives à la philosophie générale ne laissent pas indifférentes. „ Nous souscrivons sans réserve à cet éloge de notre distingué collègue, bien que nous estimions qu'il faut accepter avec la plus grande réserve les théories générales ayant pour but de donner le dernier mot de toutes choses.

Le R. P. Bulliot est un de ces disciples de saint Thomas qui attachent le plus grand prix aux lois de corrélation des phénomènes, mais qui se refusent à accepter la théorie de l'unité des forces, " parce qu'elle leur paraît aussi dangereuse que peu fondée; „ cette déclaration est empruntée au premier mémoire du savant professeur de l'Institut catholique de Paris, intitulé : *L'Unité des forces physiques au double point de vue scientifique et philosophique* (1). Ce travail est une protestation contre la prétention que l'auteur attribue aux sciences physiques de vouloir détrôner la philosophie pour élever à sa place la mécanique; " c'est choisir la moins clairvoyante des sciences, dit-il, pour en faire la reine de toutes les autres. „ D'après l'auteur de ce mémoire, la théorie de l'unité des forces physiques manque de preuves, parce qu'elle ne s'appuie que sur des relations mathématiques, sur des rapports de quantité, alors qu'il s'agit exclusivement d'une question de qualité. Il déclare que " Dieu a donné à la

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 580.

matière plus que le mouvement; il a mis jusque dans l'atome comme une lointaine image de sa propre vie, des principes actifs et des inclinations naturelles qui meuvent tous les êtres vers leur fin et qui sont les vraies sources de l'énergie et les lois directrices du monde. „ Ce peu de mots suffit pour montrer que le savant travail du P. Bulliot s'était fourvoyé dans la section des sciences naturelles et qu'il aurait dû rester dans la section des sciences philosophiques; aussi, au congrès de 1891, les philosophes furent-ils réunis aux hommes de science pour entendre le second mémoire du P. Bulliot, sur les *Principales théories de la combinaison chimique* (1). Il y compare la thermochimie moderne, la théorie atomique et la théorie aristotélicienne de la transformation substantielle : inutile de dire laquelle des trois a les préférences du profond théologien. Ayant été *partie* dans la discussion, nous n'aurons pas l'outrecuidance de devenir *juge* dans ce compte rendu, et nous nous contenterons de renvoyer le lecteur aux procès-verbaux des séances, dans lesquels il pourra étudier les objections et les ripostes de MM. le R. P. Poulain, de Vorges, P. Gayraud, Dom Lamey, Witz; Mgr Freppel lui-même daigna intervenir dans le débat.

Il nous paraît utile de citer à la suite de ces études l'essai de l'auteur du présent compte rendu sur *Les Certitudes et les hypothèses de la physique moderne* (2), dans lequel il s'est efforcé de rechercher ce qu'il y a de sûr et ce qui reste douteux dans la science : les physiciens sont moins présomptueux qu'on ne le croit.

M. Le Corguille a présenté un intéressant mémoire sur *L'Éther et l'Électricité;* c'est une théorie nouvelle, appuyée sur la définition suivante : “ l'électricité est l'ensemble des phénomènes qui ont pour cause primordiale commune une variation de la force élastique normale de l'éther en un ou plusieurs points. „

Arrivons à des travaux appartenant plus spécialement à la physique : nous devons mentionner tout d'abord le remarquable exposé fait par M. Branly, professeur à l'Institut catholique de Paris, de ses recherches et de ses découvertes sur les *Variations de conductibilité des isolants sous différentes influences électriques* (4). On connaissait déjà l'énorme résistance opposée au passage des

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 329.

(2) Ibid., p. 150. — Revue des quest. scient., t. XXX, juillet 1891, pp. 39 et suiv. : *De la Méthode et des théories de la physique moderne.*

(3) Congrès de 1891, VIIe section, p. 135.

(4) Ibid., p. 116.

courants électriques par les métaux en poudre; on avait vu qu'une compression énergique augmentait la conductibilité, mais on ignorait que les influences électriques exerçaient une action considérable. La résistance tombe de plusieurs millions d'ohms à 200 ou 300 ohms par la décharge à distance d'une batterie, par une étincelle de machine Wimshurst, par le passage d'un courant fourni par une pile de 100 volts de différence de potentiel, etc. L'action peut s'exercer sur la substance pulvérulente en circuit ouvert ou en circuit fermé. Les poudres métalliques ne sont pas les seules substances sensibles, car on observe encore des effets analogues sur la galène pulvérisée et le bioxyde de manganèse en poudre. Enfin, M. Branly a constaté qu'un choc ramène la limaille à son état primitif ; une élévation de température produit le même résultat. Diverses expériences, faites sous les yeux des auditeurs, leur ont permis de suivre sans difficulté l'exposé de la question, et ils ont vivement apprécié la science profonde de l'orateur et les ressources du cabinet de physique de l'Institut catholique. A un autre point de vue, M. Branly a démontré à l'évidence qu'il est certaines questions de science pure qu'on peut aisément produire aux congrès catholiques, et cette indication contribuera certainement à provoquer d'intéressantes communications au congrès de Bruxelles.

Avec M. Couette (1), nous abordons une question de physique mathématique : notre savant collègue de l'Université catholique d'Angers a cherché à déduire de la théorie générale des pressions de Cauchy les deux théorèmes capitaux de la capillarité, relatifs à l'égalité de la tension superficielle en tous les points d'une même surface limite et à la formule de Laplace. C'est une belle étude qui fait grand honneur à son auteur et qui produit un excellent effet dans le *Compte rendu* de la septième section. Voilà encore un exemple à suivre au prochain congrès.

Une question bien faite pour donner de l'intérêt à une séance est celle de *L'Habitabilité des astres* (2) qu'a traitée M. Boiteux. Vénus ne serait qu'une tanière de marmottes et d'hibernants, Mars ne présenterait pas de sécurité par suite de l'instabilité de son sol, Saturne donne des inquiétudes sur son avenir; bref, nous devons nous trouver fort bien sur la Terre.

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 103 : *Application de la théorie des pressions de Cauchy aux phénomènes capillaires.*

(2) Ibid., p. 294 : *Les Terres sidérales ou l'habitabilité des astres.*

C'est notre globe qui a fait l'objet d'une belle étude de M. FERRON, ingénieur, membre de l'Institut de Luxembourg (1); il a discuté savamment l'hypothèse du feu central, émise par Fourier, combattue par Ampère et Poisson, appuyée par Petzholdt et M. de Lapparent. Ces diverses théories sont discutées à fond par l'auteur de ce travail, avec une grande netteté.

C'est une question d'ingénieur qu'a choisie M. FLACHAT : il a présenté une *Note sur la jonction par rails de l'Angleterre au continent* (2). D'après lui, cette jonction ferrée s'impose; elle se serait faite aisément par tunnel, elle sera plus difficile par viaduc; mais les Anglais ne veulent pas du tunnel et par suite c'est le pont qui se construira probablement. M. de Lapparent a trouvé M. Flachat trop optimiste : il s'effraie de voir fonder des piles en pleine mer à 50 mètres de profondeur. Mais n'a-t-on pas vu souvent de nos jours l'invraisemblable devenir une réalité ?

Il nous reste enfin à signaler une courte, mais intéressante étude de M. le colonel J. DE LA LLAVE, ancien professeur à l'école du génie militaire espagnol de Guadalajara, sur *Les Progrès récents de la balistique* (3) : il y expose une méthode nouvelle de M. le lieutenant-colonel Siacci de l'armée italienne, et il montre comment on résout par ce procédé les problèmes usuels relatifs au tir rasant et au tir plongeant.

Cette revue rapide des travaux des physiciens du congrès autorise les plus grandes espérances pour la troisième session du congrès international des catholiques.

AIMÉ WITZ.

SCIENCES NATURELLES.

Les mémoires concernant les sciences naturelles proprement dites qui ont été fournis aux deux congrès de 1888 et de 1891, se rapportent à la Géologie, à la Botanique, à la Zoologie, à la Physiologie et à la Biologie.

(1) Congrès de 1891, VIIe section p. 246 : *Sur la température du globe terrestre.*
(2) Ibid., p. 313.
(3) Ibid., p. 307.

I. Géologie.

Nous n'aurons pas à parler, en géologie, des deux mémoires les plus importants, dus à M. DE LAPPARENT; car ils ont été publiés *in extenso* dans ce recueil. L'un, sur *La Formation de l'écorce terrestre* (1) — où l'origine ignée de notre sphéroïde et la persistance, sous son écorce, d'un noyau liquide incandescent, sont démontrées à l'encontre des diverses objections qu'on a tenté de leur opposer, — a paru dans la livraison de juillet 1888. Le second, qui a pour titre : *La Destinée de la terre ferme et la durée des temps géologiques* (2), a été publié en juillet 1891, et chacun l'a encore présent au souvenir.

Les autres mémoires, pour se rapporter à des données plus restreintes, n'en ont pas moins leur importance, et il y a intérêt à les mentionner.

Dans une *Note sur la mesure du temps en géologie* (3), M. TARDY, de Bourg-en-Bresse, prétend établir une chronologie non plus relative, mais réelle, des temps préhistoriques et quaternaires. Des restes d'habitations correspondant à des temps historiquement connus ayant été trouvés sous des couches alluviales plus ou moins épaisses, et l'intervalle des unes aux autres étant de huit siècles, l'auteur s'est demandé si cette durée ne serait pas périodique; et il a cru retrouver cette périodicité dans les traces humaines recueillies dans les alluvions de la Saône, ainsi que dans les différences de niveaux des retraits successifs des derniers glaciers quaternaires. En combinant ces inductions avec des déductions tirées de certains phénomènes astronomiques, il arrive à établir la chronologie suivante :

L^e siècle A. C. : Création probable de l'homme.

XLIIIe siècle A. C. : Arrivée de l'homme dans la vallée de la Marne creusée durant les siècles précédents.

XLIIe et XLIe siècles : Développement de la civilisation chelléenne.

XLe et XXXIXe siècles : Période acheuléenne.

Du XXXVIIIe au XXXVe siècles : Décadence moustérienne.

XXXIV siècle : Solutréen.

Du XXXIIIe au XXXIe siècles : Civilisation magdalénienne florissante, suivie d'une décadence se poursuivant jusqu'au XXVIIe siècle.

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 480.
(2) Congrès de 1891, VIIe section, p. 275.
(3) Congrès de 1888, t. II, p. 571.

Dans sa période de huit siècles prise pour unité principale, M. Tardy a trouvé des subdivisions déterminées par la succession des lits de marnes et de cailloux dans les moraines, par la supputation des mercuriales de marchés aux grains, par la variation des taches solaires, etc.

Rapprochements ingénieux assurément, mais qui semblent bien hypothétiques et peu faits, semble-t-il, nonobstant tout le savoir de l'auteur, pour ouvrir à la science une voie nouvelle et féconde.

Le golfe Normano-Breton n'a pas toujours été aussi étendu qu'il l'est aujourd'hui. Par suite soit d'un affaissement du sol, soit d'un exhaussement du niveau de la mer, il a, depuis les temps historiques, gagné sensiblement sur le continent, comme le démontre le R. P. Noury, dans un intéressant mémoire intitulé : *Forêts sous-marines et relations anciennes de Jersey avec le Cotentin* (1). Il fut un temps où l'île de Jersey, unie du côté de l'est au continent au moins à marée basse, se prolongeait à l'ouest en une vaste forêt, la forêt de La Brequette, dont on voit encore, sous les basses eaux, des souches et des étocs. Les îles de Chausey tenaient au littoral actuel de Grandville, et le Mont-Saint-Michel, au lieu d'être entouré d'eau comme aujourd'hui, émergeait de l'immense forêt de Scesciac ou Scissy.

Les conquêtes de la mer sur le sol ne se sont faites que successivement. Déjà la mer avait envahi les abords du Mont-Saint-Michel, probablement dans la seconde moitié du VIe siècle, en même temps que le groupe des Chausey était séparé du continent, alors que durant le XIVe siècle, quand depuis longtemps La Brequette avait disparu sous les eaux, le plateau des Écréhou n'était pas encore définitivement rentré dans le domaine de la mer.

A quelle époque a commencé ce mouvement d'empiètement de la mer? On l'ignore. Il était peu avancé, semble-t-il, au temps de la conquête romaine. Mais, avec plus ou moins de lenteur, il se continue toujours; et viendra un temps où, d'après MM. Quénault et Chèvremont, le Cotentin sera devenu une île, les îles Britanniques ne montreront plus au-dessus des eaux que quelques pics isolés, et le golfe Normano-Breton agrandi ne verra plus à dépasser son niveau que les cimes désolées du Mont-Dol, du Mont-Saint-Michel et des îles anglo-normandes.

Dans combien de temps? Dans dix siècles seulement, dit M. Quénault; dans 5500 ans, dit M. Chèvremont.

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 342.

Quant au R. P. Noury, s'en tenant au passé, il formule ainsi ses conclusions :

« Par le fait du retrait de la mer, Jersey, à l'époque de la grande extension des forêts, a communiqué avec la France; et elle ne paraît pas en avoir été définitivement séparée avant le VIe ou le VIIe siècle de notre ère. »

Le titre du mémoire présenté par M. l'abbé TOURNIER au congrès de 1888 (1) en donne presque le résumé : *Coupe du jurassique supérieur et du purbeckien de Virieu-le-Grand; Distribution irrégulière des calcaires lithographiques et des schistes bitumineux dans l'est du département de l'Ain.* Il s'agit principalement d'une petite chaîne transversale située entre Virieu-le-Grand et Artemare, et dont les couches inclinées permettent de constater la succession des diverses strates du séquanien (calcaires lithographique, à térébratules, à polypiers, à cassure polyédrique, formant un ensemble de 63 mètres de puissance) et du tithonique comprenant 40 m. de virgulien, 38 m. de bolonien et de portlandien, 14 m. de purbeckien.

Le séquanien et le virgulien ont été également trouvés par l'auteur, plus au nord, dans la vallée de la Valserine, associés à des schistes et calcaires bitumineux avec empreintes de *Zamites Feneonis*. Il en conclut que les dépôts de la plage virgulienne, d'abord parallèles au récif de Virieu, Pierre-Chalet et la Dent-du-Chat, ont ensuite pénétré au nord dans les anses laissées libres entre les différents îlots coralliens. Ainsi s'expliquerait la position irrégulière des schistes kimméridgiens dans le Bugey.

La *Monographie géologique de la commune de Péret (Hérault)*, par M. l'abbé GOUZES, curé de Cabrières (2), est une description très détaillée de la constitution géologique d'une commune du Languedoc, et pourrait servir de type pour des monographies analogues d'un grand nombre d'autres localités. Située sur le versant sud de la petite chaîne de l'Escandolgue, près de la vallée de la Boyne, affluent de l'Hérault, la commune de Péret contient dans sa partie montagneuse des dépôts sédimentaires: silurien, dévonien inférieur, moyen et supérieur, permo-carbonifère, trias, calcaires du lias; plus quelques roches d'origine interne, les unes éruptives et basaltiques dues à un ancien volcan, le Bronn, les autres consistant en filons de quartz cuprifère et plombifère.

(1) T. II, p. 569.
(2) Congrès de 1891, VIIe section, p. 360.

Sur la commune de Péret commence la plaine qui, du confluent de l'Hérault et de la Boyne, s'en va jusqu'à la mer. Sur Péret, on y trouve des marnes du miocène moyen entremêlées de calcaires lacustres avec fossiles de Planorbes et de Limnées. Aux temps tertiaires, la mer, puis un lac, ont concouru à former cette plaine, au sein de laquelle affleure un dépôt fluvio-volcanique de beaucoup postérieur. L'état marécageux qui en est résulté a subsisté jusqu'à des temps rapprochés de nous, suivi de verdoyants pâturages. Aujourd'hui encore on trouve une nappe d'eau à $1^{m},50$ de profondeur.

II. Botanique.

A quelle classe de plantes se rattachent exactement les *Lichens?* C'est la question qu'a cherché à résoudre M. l'abbé Hy, professeur à l'Institut catholique d'Angers (1). Sont-ce des Champignons? Ils en ont tous les organes. Sont-ce des Algues? Comme celles-ci et à la différence de ceux-là, ils ne vivent pas aux dépens de matières organiques préexistantes, mais ont une vie indépendante. Par une laborieuse et patiente investigation microscopique du thalle des Lichens, l'auteur y a reconnu la présence de *gonidies,* cellules à chlorophylle sans rapports d'organisation avec les tissus cellulaires de la plante dépourvus de tout pigment, et provenant conséquemment d'organismes différents. Ces gonidies sont de véritables Algues jouant le rôle modeste de nourricières de véritables Champignons. Les Lichens constituent donc une famille de Champignons, mais famille très distincte des autres par son mode de vie non proprement parasitaire mais *associée,* les gonidies, douées de motilité lors de leur multiplication par les zoospores, venant s'implanter sur les thalles des Lichens.

Dans les échelons inférieurs du règne végétal bien des classes sont douteuses. Que sont les *Characées,* ces plantes aquatiques submergées, profondément distinctes des Mousses? Phanérogames monocotylédones voisines des Naïadées avec A.-L. de Jussieu? Cryptogames vasculaires avec Brongniart? Algues avec Endlicher, Adrien de Jussieu et autres?

(1) *Observations sur la nature des Lichens.* Congrès de 1888, t. II, p. 468.

M. l'abbé Hy, dans *Les Affinités des Characées* (1), démontre d'abord que ces plantes ne sont ni des Algues, ni des végétaux vasculaires cryptogamiques, ni à plus forte raison, des phanérogames. Mais elles présentent, au moins durant leur phase embryonnaire et transitoire, certains traits communs avec les Muscinées, et sont, avec ces dernières, les seuls végétaux acrogènes pourvus d'un sporocarpe, d'un véritable fruit, fort dissemblable toutefois dans celles-ci et dans celles-là. Finalement l'auteur établit pour les Characées un ordre plus général dans lequel il comprend aussi les Muscinées ou Mousses : c'est l'ordre des *Bryophytes*, qu'il place entre les *Thallophytes* et les *Ptéridophythes*.

Situées entre les 51° et 54° degrés de longitude est du méridien de Paris et les 4° et 5° parallèles au sud de l'équateur, les îles Seychelles, au climat chaud et humide, possèdent une luxuriante végétation. M. Fauvel fait connaître les types principaux de *La Flore des îles Seychelles* (2). Indiquons-en quelques-uns.

Le *Northea Sechellarum* (W. Hooker), de la famille des Sapotés, est un grand arbre à bois de fer; il n'existe que dans ces îles, de même que certains palmiers : *Nephrosperma, Roscheria, Verschaffeltia, Stevensonia*, et enfin le fameux Cocotier des Seychelles ou *Lodoicea* au fruit énorme à deux lobes dit *Coco double*. Un Latanier, le *Roscheria melanochoetes*, un Vacoa, le *Pandanus multiplicatus*, sont supportés, comme les palétuviers, sur de nombreuses racines aériennes.

On y trouve aussi : le *Casuarina equisetifolia* qui n'est autre que le *Filao* de l'Océanie; le Cocotier commun, *Cocos nucifera;* la *Tatamaca* ou *Calophyllum inophyllum* à résine émétique; les *Barringtonia speciosa* et *racemosa*, Myrtacés croissant sur les plages, le pied dans l'eau de mer, et donnant un fruit dont l'amande comestible est de la grosseur d'un œuf; des Palmiers, dattier et autres; venu de Madagascar, le *Ravenala*, le plus beau des Bananiers, surnommé l'Arbre des voyageurs; l'Avocatier, *Persea gratissima*, voisin des Lauriers; le *Jacquier* ou Arbre à pain, de la Malaisie, au fruit féculent, aux feuilles coriaces et immenses; l'Arbre de Cythère *(Spondias edulis* ou *dulcis)*, originaire de Tahiti, et le Manguier *(Mangifera indica)*, deux Térébinthacés, de même que le Jamrosier *(Jambosia vulgaris)*.

Les arbrisseaux et arbustes sont moins abondants. Signalons

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 209.
(2) Ibid., p. 215.

cependant : le Népenthès ou plante pot-à-eau *(Nepenthes Vardii)*; le Gardenia d'Anna; la Ketmie rose de la Chine *(Hibiscus rosa sinensis)*; diverses variétés d'Orangers dont plusieurs indigènes; le Goyavier blanc *(Psidium pyriferum)*; l'*Anona squamosa* ou Pomme-canelle, et le Corossoll *(A. muricata)*.

Dans la seule île de Mahé on compte 72 Fougères, dont huit n'existent que là et dont deux sont arborescentes.

Parmi les plantes herbacées, il n'en est aucune dont la végétation soit annuelle. Elles comprennent d'admirables Orchidées, y compris la *Vanilla phalænopsis* ou Vanille sans feuilles. L'*Alpinia majestica*, leur voisine, donne une des plus belles fleurs qu'on puisse voir. Le rôle des nos ronces est dévolu, en ces îles, à une liane, *Lantana amara*.

De l'analogie de composition minéralogique, botanique et zoologique des Seychelles avec Madagascar, d'aucuns ont tiré cette conjecture qu'elles représenteraient les débris d'un continent disparu dont aurait fait partie la grande île africaine.

Le R. P. Duss n'a pas collectionné moins de 134 familles végétales en Martinique. Celle des Légumineuses (1) comprend 126 espèces réparties en 57 genres, eux-mêmes partagés entre les trois tribus des Papilionacés, des Césalpiniés et des Mimosés.

Les Mimosés sont représentés par cinq espèces de *Mimosa*, onze *Acacias*, quatre *Calliandres* dont un très grand arbre, *Calliandra saman*, et divers arbrisseaux y compris l'ornemental Buisson ardent, *C. purpurea*.

Parmi les Césalpiniés, signalons le Bois de campèche, *Hematoxylon campechianum*, arbrisseau à fleurs jaunes, très recherché; le *Cæsalpinia sepiaria*, vulgairement Arrête-bœuf, plante sarmenteuse à fleurs très ornementales; dix ou douze espèces de Cassia; le Tamarinier des Indes, *Tamarindus indica*, bel et grand arbre, bois dur, ombrage perfide; le Courbaril ou *Hymenæa*, très bel arbre exsudant une gomme aromatique, bois de construction; le *Copaifera officinalis*, l'arbre à baume de Copahu; enfin une plante nouvelle, le *Bauhinia* ou Grand-macata, ou encore Bois de Saint-Thomas.

Une dizaine de plantes fourragères figurent parmi les Papilionacées; ce sont des *Desmodies*, appelées vulgairement : Trèfle, Petit trèfle, Trèfle blanc, T. courant, T. tortueux. On y

(1) *Les Légumineuses de la Martinique*, par le R. P. Duss, de la Congrégation du Saint-Esprit, professeur de sciences naturelles à l'Institution du Saint-Esprit, à Beauvais. — Congrès de 1891, VIIe section, p. 235.

compte aussi des arbres, des arbrisseaux, des plantes sarmenteuses, tous végétaux décoratifs ; le Colibri végétal ou *Agati grandiflora,* deux Bois immortels, botaniquement *Erythrina corallodendron,* et *E. glauca;* la Liane réglisse *(Abrus precatorius);* le Sophora cotonneux *(S. tomentosa),* arbrisseau très ornemental; de nombreuses plantes alimentaires dans la série des *Phaseolus* ou haricots; enfin quelques types entièrement nouveaux : *Vigna unguiculata* ou Pois bord-de-mer; *Dussia martinicensis* (Krug et Urban) ou Bois gamelle, arbre de moyenne grandeur.

III. Zoologie.

Comme les plantes, les animaux sont distribués par régions, sur le globe. La Chine, sous le rapport zoologique comme sous le rapport botanique, appartient à la région *paléarctique* et, pour la plus grande partie, à la sous-région *chino-japonaise,* qui diffère profondément du surplus de la région, comprenant, avec le nord de l'Afrique et l'Europe entière, l'Asie moins les contrées situées au sud de l'Himalaya.

Nous ne saurions, dans ce sommaire, mentionner les innombrables espèces signalées par l'auteur du mémoire sur *La Faune chinoise* (1); tenons-nous-en aux généralités.

Parmi les Mammifères, la Chine compte *dix* espèces de Quadrumanes dont sept lui sont spéciales; *trente-cinq* Chéiroptères dont trois seulement se rencontrent ailleurs; *dix* Insectivores dont plusieurs forment des genres nouveaux; *douze* Félins; *deux* Plantigrades des genres *Ursus* et *Ailuropus ; quatre* Canidés dont l'un, *Nyctereutes procyonoides,* est inconnu dans nos contrées; *vingt-sept* espèces de Rats, *neuf* Écureuils, *six* Polatouches, *deux* Lièvres, et une foule d'autres Rongeurs; un Édenté; une douzaine d'Antilopes, trois races de Moutons, un Chevrotin, quinze Cervidés, parmi lesquels l'*Elaphurus Davidianus,* animal quaternaire contemporain de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorinus,* et artificiellement conservé dans les parcs impériaux.

Les Oiseaux, les Reptiles, les Poissons, les Mollusques, les Insectes, etc., comptent également en Chine de très nombreuses espèces dont plusieurs inconnues dans les autres régions. Sur

(1) *La Faune chinoise,* par M. l'abbé Armand David, lazariste, correspondant de l'Institut. Congrès de 1888, t. II, p. 451.

huit cents Oiseaux, 158 seulement sont aussi européens. Des *vingt* Sauriens et Lacertiens et des *dix* Chéloniens que possède la Chine, pas un ne se rencontre hors du Céleste Empire; et la Couleuvre à collier est, de *trente-cinq* Ophidiens, la seule espèce européenne. *Quinze* des 850 espèces de Batraciens anoures (Crapauds et Grenouilles) connus, sont propres à la Chine seule qui, seule aussi, est la patrie d'une gigantesque Salamandre, nommée par M. Blanchard *Sieboldia Davidi.*

Un seul Poisson d'espèce européenne se rencontre en Chine, c'est notre Anguille commune. Les Salmonidés, Esocidés, Cyprinoïdes, Gastérostéés, Siluridés, y sont tous représentés par des espèces différentes des nôtres.

M. l'abbé David a recueilli, principalement dans les rivières et les étangs, cent *Mollusques* nouveaux. La plupart de nos Papillons se retrouvent en Chine, mais les espèces chinoises et indiennes y sont plus nombreuses encore. Les Coléoptères offrent tous des types similaires à ceux de nos pays. L'Écrevisse manque en Chine, mais la Corée possède un Crustacé de même taille quoique d'un autre groupe. La Crevette et le Crabe abondent dans les eaux douces.

Quant aux *Insectes domestiques* " qui surabondent en Orient, " ils appartiendraient tous à nos espèces occidentales.

Au résumé, la Chine offre un centre zoologique d'une grande richesse, capable, plus complètement étudié, de jeter du jour sur l'histoire, même ancienne, du règne organique.

Le R. P. Leray, eudiste, dans son *Mémoire sur l'instinct* (1), émet l'opinion que la spécification des animaux par la seule conformation des organes repose sur une base insuffisante; il voudrait qu'on tînt compte des instincts spéciaux, propres à chaque type et différant de l'un à l'autre bien que voisins.

Ses observations ont porté sur trois oiseaux: le Coucou chanteur, le Gobe-mouche gris et le Moineau familier ou pierrot.

Sur le premier il a observé, de la part du jeune à peine éclos, et les yeux non encore ouverts à la lumière, des actes adaptés à un but déterminé, exécutés avec une remarquable adresse, se reproduisant toujours dans les mêmes circonstances, et ne pouvant pas, évidemment, provenir d'une habitude acquise.

Une femelle de Gobe-mouche ayant failli rester prisonnière dans une chambre où l'on avait transporté son nid, ne voulut plus y rentrer de nouveau, confiant ce soin au mâle auquel elle

(1) Congrès de 1891, VIIe section, p. 165.

apportait sur le bord de la fenêtre la pâture que celui-ci portait ensuite aux petits réunis dans le nid. La circonstance purement accidentelle qui avait motivé le changement d'action des deux oiseaux ne permet pas d'attribuer ce changement à une habitude progressivement contractée par les générations précédentes. L'auteur conclut que l'instinct des animaux peut s'étendre, des conditions normales de leur existence, aux accidents de nature à contrarier leurs tendances naturelles.

Un Moineau ayant apporté un morceau de pain trop gros pour le bec des petits, le reprit, le dépeça contre une pierre, le rapporta ainsi amoindri et, de la pointe de son bec, l'enfonça dans le gosier du petit affamé. — Pour déposer ses œufs, le Moineau n'attend pas toujours que le nid soit terminé et l'achève après la ponte.

Ce ne sont pas là des actes d'intelligence et de liberté, mais des impulsions de l'instinct subordonnées en l'animal aux perceptions et aux émotions de la sensibilité et qui lui donnent comme une intuition immédiate de ce qui convient dans tel ou tel cas particulier.

L'auteur conclut que si les considérations anatomiques et physiologiques suffisent à classifier le règne animal en embranchements, classes, ordres et familles, il faut, quand il s'agit de préciser l'espèce, tenir compte des mœurs des animaux, des divers phénomènes fournis par leurs instincts et variés par l'élasticité de ceux-ci; tous éléments plus stables que les caractères secondaires, souvent variables, sur lesquels, à défaut de ceux-là, les naturalistes sont obligés de se rabattre.

IV. Biologie et physiologie.

Un savant biologiste de Louvain, M. le chanoine J.-B. Carnoy, définit la cellule : " Une masse structurée et vivante de *protoplasma*, entourée d'une *membrane* et hébergeant un *noyau* " (1).

La première de ces trois parties constitutives est la partie essentielle ; elle est le siège de l'irritabilité et de la contractilité ; la seconde consiste en un réticulum formé aux dépens de la première. Il en est de même du *nucleus* ou noyau, longtemps contesté avant qu'une observation plus puissante eût permis de

(1) *Les Progrès de la biologie cellulaire*, par M. L. Gedoelst, docteur en sciences naturelles. Congrès de 1888, t. II, p. 541.

constater sa présence dans toutes les cellules. Il possède lui-même une organisation compliquée et forme comme une cellule plus petite dans la cellule principale. C'est, dit M. J.-B. Carnoy, « une manière de cellule logeant un petit boyau ou filament tortillé de nucléine, mais ne pouvant vivre qu'à l'intérieur du protoplasme. » Il comprend également trois parties organisées : une *membrane,* une portion *protoplasmatique* et un élément *nucléinien.*

Flemming a établi cinq phases dans le schéma de la division du noyau et a constaté que la *plasmodiérèse,* ou multiplication de la cellule par segmentation, s'opère soit par étranglement, soit par une plaque cellulaire formée aux dépens du boyau, soit enfin par ces deux modes à la fois; et enfin que cette plasmodiérèse étant la même dans la cellule animale et dans la cellule végétale, l'identité est complète dans cet élément de la vie des deux règnes : la plaque cellulaire, dont l'absence avait été prise pour un caractère de la cellule animale, y existe aussi bien que dans la cellule végétale.

La cellule étant l'élément fondamental de tout organisme vivant, c'est par des cellules, par celles dont se compose la matière cérébrale, que sont reçues et transmises toutes les impressions qui résultent de la vie sensitive. Or tout organisme provient d'organismes semblables à lui et fonctionnant de la même manière (1). D'où il suit qu'il peut recevoir et reçoit souvent, de ses parents, les qualités et les défauts acquis par eux ou par leurs ancêtres. Chez l'homme, la question se complique des facultés intellectuelles et morales qu'il a en outre des facultés organiques. De celles-ci, celles-là dependent dans une certaine mesure, attendu que si les organes et les facultés qui leur sont inhérentes, sensibilité, mémoire, imagination, etc., ne sont pas la cause qui produit les phénomènes de l'ordre moral et intellectuel, elles sont néanmoins la condition qui leur permet d'entrer en acte et de se développer ensuite en dehors d'elles. Or l'âme humaine n'étant pas, comme le corps, engendrée, mais étant l'objet d'une création spéciale, il s'ensuit que les lois de l'hérédité n'ont d'action sur les facultés morales et intellectuelles que dans la mesure seulement où celles-ci dépendent des organes. Plus le niveau de ces facultés est élevé, plus il échappe à ces lois. Ainsi le génie, ce summum des facultés de l'âme, ne se transmet pas des parents aux enfants.

(1) *L'Hérédité,* par M. le Dr Lefebvre, professeur à l'Université catholique de Louvain. Congrès de 1891, VIIe section, p. 170.

Des observations faites par M. le Dr Ferrand (1), principalement sur des sujets atteints, en pleine santé, par une mort brusque et accidentelle, il résulte que la vie ne s'éteint que graduellement dans nos organes et que le mourant ne devient pas cadavre aussitôt après le dernier soupir. La mort n'est pas totale d'emblée, mais successive; et si on la définit généralement par la suspension d'un des actes de la vie animale, la respiration, il n'en est pas moins vrai qu'il est d'autres actes de cette même vie animale, comme les mouvements du cœur et les aptitudes motrices générales, qui subsistent pendant un temps plus ou moins prolongé après l'exhalation du dernier soupir.

Il est donc infiniment probable que le moment de la mort totale, absolue, est plus tardif qu'on n'est généralement porté à le croire. L'âme, qui avait informé le corps dès avant la naissance, dès l'état fétal, l'informerait encore, en un stade régressif, depuis le moment de mort apparente déterminé par le dernier soupir, jusqu'à celui de sa séparation définitive d'avec le corps.

Les Terres sidérales ou l'habitabilité des astres, par M. J. Boiteux (2), ne semblent pas, au premier abord, se rattacher à la rubrique *Biologie et physiologie.* Cependant comme il s'agit de savoir si des êtres vivants existent ou n'existent pas dans des planètes autres que la terre, le sujet peut, à ce point de vue, être considéré comme dépendant des questions biologiques. L'auteur oppose aux imaginations enthousiastes des partisans à outrance de l'habitabilité des astres, diverses objections, assurément graves, que suggère la réflexion. Autour de notre soleil, Vénus, Mars et Saturne sont les seules planètes se présentant en des conditions qui permettent de leur supposer des habitants. Or si, comme le pense M. Schiaparelli, le mouvement de rotation de Vénus s'exécute en un temps à peu près égal au temps de sa révolution, d'où résulterait un hémisphère éternellement plongé dans le froid et la nuit, tandis que l'autre serait torréfié par un soleil éternel, comment y concevoir l'existence de la vie tout au moins représentée par des organismes supérieurs ?

Que Mars ait pu *autrefois* entretenir la vie à sa surface, ce n'est pas impossible; mais l'instabilité actuelle de son sol et de son océan en incessants conflits l'un avec l'autre, rend singulièrement invraisemblable son habitation par une population analogue à celle de la terre.

(1) *Le Moment de la mort,* par M. le Dr Ferrand, médecin des hôpitaux de Paris. Congrès de 1891, VIIe section, p. 197.

(2) Congrès de 1891, VIIe section, p. 294. Voir plus haut, *Sciences physiques.*

Quant à Saturne, dont la densité est de sept fois inférieure à celle de la Terre, ce qui rendrait impossible le maintien de l'eau à sa surface, et qui est d'ailleurs menacé tôt ou tard de la chute fragmentaire des anneaux qui l'entourent, on ne voit pas qu'il offre des conditions bien favorables à l'existence et à la conservation de la vie organique.

Quant aux planètes formant cortège aux innombrables soleils appelés *étoiles fixes,* il n'est d'abord nullement prouvé que *tous* ces soleils soient escortés d'un ou plusieurs satellites. Plusieurs en possèdent qui sont encore eux-mêmes soleils non éteints. D'ailleurs la plupart sont de dimensions et surtout de masses telles que des satellites proportionnés seraient inhabitables en raison de la puissance écrasante d'attraction qui en résulterait.

D'autre part, la durée probable de l'humanité sur la terre n'est guère que la *trois centième* partie de la durée de tout le règne organique qui l'a précédé. Ce qui prouve que la créature raisonnable n'est pas le type essentiel, indispensable de la vie planétaire.

Les judicieuses considérations de l'auteur sont-elles toutes également concluantes ? Nous n'oserions l'affirmer. Il nous semble aussi impossible de démontrer la non-habitation d'autres planètes que de prouver leur habitation. Le plan divin ne nous a pas laissé, jusqu'ici, pénétrer ce secret. Nous le livrera-t-il jamais ici-bas ?

Restent les attaques contre le christianisme que certains sectaires prétendent fondées sur cette habitation, supposée certaine, et par eux donnée comme telle pour les besoins de la cause. Nous avouons ne pas voir en quoi et comment elles pourraient être prises au sérieux par les esprits réfléchis.

CH. DE KIRWAN.

ANTHROPOLOGIE.

L'anthropologie, cette science toute jeune mais qui préoccupe si particulièrement le monde intellectuel de notre temps, a été largement représentée aux congrès scientifiques de 1888 et de 1891. Non seulement l'anthropologie proprement dite, mais les données archéologiques, ethnographiques, géologiques mêmes et autres qui s'y rattachent.

Nous voudrions réunir, dans une sorte de synthèse rapide, les conclusions et les lumières qui se dégagent des différents mémoires présentés aux deux congrès sous ce titre général: *L'Anthropologie*. Mais, en raison de la variété même des sujets compris sous cette rubrique, nous nous attacherons moins à suivre l'ordre chronologique suivant lequel ces mémoires ont été présentés, qu'à les grouper selon l'analogie des questions dont ils s'occupent. Enfin quelques-uns d'entre eux ayant été publiés ici même, nous nous bornerons, en ce qui les concerne, à en rappeler la pensée principale.

I. Anthropologie proprement dite et évolution.

Occupons-nous d'abord de l'anthropologie proprement dite, et commençons par ce qui représente à bon droit l'introduction à l'étude de cette science, *La Méthode en anthropologie* de M. le Chan. Duilhé de Saint-Projet (1).

Considérée dans son domaine le plus vaste, l'anthropologie comprend quatre ordres d'études, suivant qu'on envisage l'homme aux points de vue de l'archéologie préhistorique, de l'ethnologie, de la physiologie et de la psychologie. Aux deux premiers points de vue, qui forment les deux branches les plus jeunes de la science, les imaginations se sont d'abord donné libre carrière; mais la lumière se fait peu à peu: l'homme tertiaire devient de plus en plus problématique, comme l'avait déjà montré M. Arcelin au congrès de 1888 (2); il ne tardera pas à aller rejoindre le fameux *anthropopithèque* éclos dans l'imagination de Haeckel et vulgarisé en France par M. de Mortillet; tandis que le véritable homme primitif, l'homme quaternaire, se rencontre toujours, par les traces que nous retrouvons de son existence, *hors rang* parmi les êtres vivants.

Aux tenants de l'école matérialiste qui ne veulent voir dans l'organisme humain qu'un mécanisme purement matériel et ne différant du surplus du règne animal que par un degré de perfectionnement de plus, l'auteur oppose le principe spirituel

(1) *La Méthode en anthropologie; une preuve expérimentale de l'existence de l'âme*, par M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet. Congrès de 1891, section VIII, p. 62.

(2) *L'Homme tertiaire*, par M. Adrien Arcelin. Congrès de 1888, t. II, p. 638. — et *Revue des questions scientifiques*, janvier 1889, t. XXV de la collection, p. 5.

exclusivement propre à l'homme, et signale, parmi les manifestations qui lui sont spéciales, la faculté de progresser et le don de la parole articulée et conventionnelle ; celle-ci diffère autant du langage sensitif des animaux que la pensée abstraite diffère de la connaissance concrète et particulière, l'idée de l'image.

Le même auteur avait, au congrès précédent, envisagé la question anthropologique au point de vue évolutionniste, en un mémoire publié par la *Revue* en 1889 (1), dans lequel il établissait que les théories évolutionnistes, sainement entendues, n'ont rien qui puisse gêner ou inquiéter le spiritualiste ou le chrétien. A une telle conclusion M. l'abbé DE BROGLIE a opposé, au moins en ce qui concerne le corps de l'homme, une objection philosophique, non très concluante, croyons-nous, mais que nous devons faire connaître (2). Il part de ce principe incontestable qu'une des bases essentielles du spiritualisme est que la raison et la conscience morale, facultés transcendantes, sont exclusivement le propre d'une âme tout à fait distincte par sa nature du principe obscur de la vie des animaux. Ceci posé, il lui répugne qu'un être, né de deux animaux et doué du même organisme, ait pu devenir un être raisonnable et moral, se trouvant ainsi hiérarchiquement supérieur à son père et à sa mère, ce qui serait le renversement même du principe de la sociabilité qui a, dans la famille, son élément générateur.

Cette considération, très sommairement résumée ici, ne nous paraît pas, avons-nous dit, très concluante. L'hypothèse, en effet, ne se pose pas nécessairement dans les termes que suppose M. l'abbé de Broglie; rien n'oblige à admettre que le corps d'espèce animale destiné à être ultérieurement revêtu d'une âme spirituelle, soit né *corps humain*. Il est des transformistes comme M. Ch. Naudin et le R. P. Leroy, par exemple, pour qui le corps du premier homme serait né dans une sorte d'état larvaire, dont la forme normale et définitive n'aurait apparu que lorsque ce corps larvaire aurait été *informé* par l'âme spirituelle que lui a communiquée le *spiraculum vitæ*. Ce n'est qu'à la suite de cette insufflation divine qu'il y aurait eu, corporellement aussi bien que spirituellement, un homme. Pure et gratuite conjecture d'ailleurs et qu'aucune donnée scientifique sérieuse n'a, jusqu'à présent, justifiée.

(1) *Le Problème anthropologiste et les théories évolutionnistes*, par M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet. Congrès de 1888, t. II, p. 621,— et *Rev. des quest. scient.*, avril 1889, tome XXVII, p. 353.

(2) *Le Transformisme et la sociabilité de l'homme*, par M. l'abbé de Broglie. Congrès de 1888, t. II, p. 634.

L'inépuisable question des théories évolutionnistes devait nécessairement reparaître, et a effectivement reparu, au congrès de 1891. Dans un brillant mémoire où il a résumé à grands traits les récents progrès de l'anthropologie (1), M. le Mis DE NADAILLAC a retracé tous les faits et les raisonnements appuyés sur ceux qui vont à l'encontre du système de l'évolution, en reconnaissant toutefois que ces faits et ces arguments, sans perdre toute leur valeur en ce qui concerne les âges géologiques, en auraient cependant moins pour ces époques de lente formation de l'univers que pour l'âge actuel. D'ailleurs les découvertes quotidiennes d'ossements humains des époques les plus reculées du quaternaire démentent de plus en plus l'hypothèse toute gratuite d'un passage graduel d'un animal quelconque à la forme humaine : tous ces ossements appartiennent à la même humanité que la nôtre. Et d'ailleurs, par " les notions abstraites du temps et de l'espace, de l'éternité et de l'infini, du sentiment artistique et de l'esprit mathématique, „ l'homme est, quelle que soit son origine corporelle, placé sur un stade qui, d'après Wallace lui-même, ne saurait être atteint par l'évolution (2).

Laissant de côté, dans la théorie de l'évolution, ce qui peut se rapporter à l'organisme humain, M. le Dr MAISONNEUVE a. aussi vaillamment que courtoisement, combattu l'argumentation de M. le Mis de Nadaillac contre le transformisme (3). Comme mode de formation des plantes et des animaux, le système qui montre Dieu créant, après la matière brute, quelques germes organiques possédant virtuellement la capacité de se développer successivement dans différentes directions suivant les circonstances locales et les variations de climats et de composition atmosphérique, paraît à l'auteur bien plus conforme à la sagesse divine et au plan providentiel, qu'une intervention spéciale et directe pour chacune des innombrables espèces des règnes organiques. Et M. le Dr Maisonneuve appuie ce que M. de Nadaillac a concédé sur les *enchaînements* de formes animales constatés aux temps géologiques, sans toutefois répondre à l'objection provenant de ceux de ces enchaînements qui commencent et finissent brusquement sans qu'on puisse les rattacher à aucun type antérieur ou postérieur.

(1) *Les Progrès de l'Anthropologie*, par M. le marquis de Nadaillac, correspondant de l'Institut. Congrès de 1891, section VIII, p. 5.

(2) Ibid., p. 32.

(3) *Création et évolution*, par M. le Dr P. Maisonneuve, professeur aux Facultés libres d'Angers. Ibid., p. 36.

L'argumentation du savant professeur à l'appui de la persistance, au temps de l'homme, de la loi évolutive, est-elle aussi solide que celle qui se rapporte aux temps géologiques? On peut en douter. S'il tire du fait de la présence d'organes rudimentaires sans emploi une argumentation selon nous inattaquable, il n'apparaît pas que les conclusions en trouvent leur application au delà des temps géologiques; d'autre part, si l'on excepte quelques faits exceptionnels et réalisés dans des conditions spéciales ou artificielles, les cas nombreux de variabilité mis en avant ne semblent pas prouver plus que la variabilité au sein même de l'espèce.

Quoi qu'il en soit, cette belle discussion aura eu l'incontestable mérite de revendiquer et d'affirmer les droits de la science à l'encontre des fins de non recevoir et des objections préjudicielles qu'on a trop longtemps opposées à une théorie contestable sans doute, mais qui a droit, comme tant d'autres, d'être admise à fournir ses preuves et à les faire accepter si elle le peut.

A la théorie évolutionniste se rattache la question de l'unité spécifique et originelle du genre humain dont s'est occupé M. l'abbé Hamard au congrès de 1888 (1). Il combat deux objections soulevées par le savant anthropologiste M. Topinard, et tirées, la première de la *permanence des caractères* au sein des diverses races humaines, et particulièrement du type juif, la seconde des phénomènes relatifs à la génération.

Premièrement, le type juif n'a pas la fixité qu'on lui prête; il est variable avec les pays, et se modifie au bout d'un petit nombre de générations sous l'influence des différences de climat et de mode d'existence. D'ailleurs les races fondamentales se sont constituées et *assises* dès l'origine, quand l'humanité, toute jeune encore, possédait une plasticité depuis bien longtemps disparue.

En second lieu, s'il est vrai que le phénomène de la génération peut s'accomplir entre espèces animales différentes, il n'y a rien à en conclure contre l'unité spécifique de l'homme. Ces accouplements produisent des hybrides qui, s'ils ne sont pas inféconds, ce qui arrive souvent, donnent des produits retournant, au bout de peu de générations, à l'un des deux types ancestraux. Chez les hommes, les croisements entre races très

(1) *Deux objections contre le monogénisme*, par M. l'abbé Hamard. Congrès de 1888, t. II, p. 613.

différentes produisent des métis indéfiniment féconds et conservant leurs caractères mixtes aussi longtemps que ceux-ci ne sont pas troublés par de nouveaux croisements.

L'auteur tire incidemment de là un argument contre la théorie de l'évolution contemporaine, auquel M. le Dr Maisonneuve (1) oppose le fait des lapins européens importés à Madère, dont les descendants ne s'accouplent plus utilement aujourd'hui avec les descendants de leurs communs ancêtres en Europe, et l'exemple des cobayes sauvages qui refusent de s'accoupler aux cobayes domestiques. Mais ce sont là des faits curieux qui ne prouvent rien contre la limitation de la fécondité entre espèces différentes.

II. Géologie et Archéologie préhistorique au point de vue de l'Anthropologie.

L'unité spécifique des races humaines ne préjuge rien quant à l'âge de l'humanité, que l'école de l'évolution à outrance porterait volontiers à des centaines de milliers d'années. Or, par une étude d'ensemble sur les connaissances que l'on possède aujourd'hui concernant les grands phénomènes glaciaires, M. Arcelin (2), reconnaissant que ces phénomènes résultent de causes multiples et complexes parmi lesquelles toute une série de faits astronomiques à dates certaines, est conduit à cette conclusion que la dernière grande extension des glaciers, contemporaine de l'humanité primitive, ne fait pas remonter celle-ci plus loin qu'une quinzaine de mille ans. D'autres supputations, fondées sur des observations multiples d'ordre tout à fait différent, telles que des retraits de lacs et de fleuves, arrivent au chiffre de huit à dix mille ans pour la fin de la dernière période d'expansion glaciaire, ce qui concorde assez bien avec l'évaluation précédente, puisqu'il paraît établi que la première apparition de l'homme correspondrait avec les derniers temps de la période interglaciaire.

Tel n'est pas cependant l'avis de MM. Cels, Mourlon et Delvaux; ils en tiennent encore, qui pour l'homme tertiaire, qui pour l'anthropopithèque précurseur. Mais M. d'Acy, dans le mémoire qu'il a lu au congrès de 1891 et qui a été publié égale-

(1) Congrès de 1888, t. II, p. 773.

(2) *L'Époque glaciaire*, par M. Adrien Arcelin. Congrès de 1891, VIIIe section, p. 70.

ment ici (1), a fait définitivement justice de ces prétentions surannées. Et M. le Mis DE NADAILLAC, en recherchant en Amérique les plus anciens vestiges de l'homme (2), arrive, par des voies différentes, à des conclusions analogues à celles auxquelles l'étude de l'époque glaciaire avait amené M. Arcelin.

Un examen attentif de la station de Solutré fait, avant 1888, par le regretté abbé DUCROST (3), avait amené ce savant géologue et préhistorien à constater l'existence de trois immigrations successives en ce lieu, et à conclure de la quantité d'ossements d'animaux quaternaires, principalement de chevaux, accumulés sur cet emplacement, qu'en supposant la population simultanée de cent personnes seulement, consommant chacune la minime quantité de 500 grammes de viande par jour, la durée de l'occupation paléolithique de la station n'aurait pas dépassé huit siècles. En adoptant l'évaluation plus vraisemblable de 200 habitants simultanés et d'un kilogramme de viande par jour et par individu, cette durée se trouverait abaissée au quart, soit à 200 ans. D'ailleurs, à en juger par la capacité et les formes crâniennes de l'homme solutréen, comme par son industrie, ses tentatives artistiques et ses rites funéraires, son intelligence devait être proportionnellement aussi développée que celle de nos premières races modernes.

Des conclusions parfaitement concordantes ressortent du mémoire de M. le comte DE BEAUFFORT sur les sépultures de la grotte du Bec-aux-Roches, à Spy, non loin de Namur (4). Les restes humains qu'on y a découverts, comme les débris d'industrie qui les accompagnaient, se rapportent aux plus anciens gisements de l'âge paléolithique et quaternaire; et déjà l'homme professait le respect des morts et témoignait ainsi de la possession du sens religieux. Les crânes, plus ou moins dolichocéphales, se rapportent au crâne de La Naulette. On sait que, n'ayant pas trouvé l'apophyse géni sur cette mâchoire, M. de Mortillet avait tout aussitôt induit, de ce fait unique, toute

(1) *Les Silex mesviniens et les silex préquaternaires des environs de Mons*, par M. E. d'Acy. Congrès de 1891, VIIIe section, p. 89, — et *Rev. des quest. scient.* de juillet 1891, t. XXX, p. 117.

(2) *Les plus anciens vestiges de l'homme en Amérique*, par M. le marquis de Nadaillac, correspondant de l'Institut. Ibid., p. 118, — et *Rev. des quest. scient.*, même livraison, p. 141.

(3) *La Station de Solutré*, par M. l'abbé Ducrost, professeur aux Facultés catholiques de Lyon. Congrès de 1888, t. II, p. 684.

(4) *La Grotte de Spy*, par M. le Cte Henri de Beauffort. Ibid., p. 704.

une théorie de l'homme chelléen non doué de la parole et établissant la transition entre son trop fameux anthropopithèque et l'homme parlant (1). Or les crânes de Spy portent, d'une manière très accusée, les apophyses géniennes, et d'ailleurs la mâchoire de La Naulette, plus soigneusement examinée, a révélé l'existence de cet appendice.

A ces restes de l'humanité primitive se rattache d'une manière certaine, d'après M. D'ACY, le crâne découvert, en 1863, dans la vallée de l'Arno, en amont de Florence, à l'Olmo (2), où il reposait dans l'argile bleue lacustre, rapportée par le savant archéologue au moment qui a immédiatement précédé la dernière extension des glaciers. Mais on ne saurait en dire autant du crâne de Cannstadt en Wurtemberg, ni même de celui de Néanderthal. Du premier, on ne peut dire d'où il sort; et si, par sa conformation, il est permis d'affirmer qu'il ne remonte pas au delà du moustérien, on n'a aucune preuve qu'il ne soit beaucoup plus récent, et même très récent. On est mieux fixé sur la provenance du crâne de Néanderthal, mais on ne saurait fournir aucune preuve paléontologique ou stratigraphique de son antiquité. En résumé, aucune donnée sérieuse ne peut s'appuyer sur ces deux pièces.

Ce qui corrobore une telle conclusion, ce sont les types anthropologiques obtenus dans deux stations, l'une romaine, l'autre mérovingienne, existant au voisinage du dolmen de Villiers-Saint-Sépulcre, à Hermes près Beauvais (Oise) (3), où l'on voit aussi une station néolithique décrite par M. le comte DE MARICOURT. Or parmi les squelettes de Gaulois mésaticéphales et de Francs sous-dolichocéphales, plusieurs présentent des crânes bas, à face large et ramassée, aux molaires saillantes, aux maxillaires lourds, aux arcades sourcilières énormes, tout le type néanderthaloïde en un mot. Deux cas de trépanations qui y ont été constatés, l'une chirurgicale effectuée sur le vivant, l'autre, probablement rituelle, faite après la mort, prouvent que cette coutume, dont les premières traces remontent aux âges néolithiques, s'est perpétuée jusqu'à des temps historiques relativement voisins du nôtre.

(1) Cf. M. G. de Mortillet, *Le Préhistorique*, 2me édit., pp. 245, 250, 469.

(2) *Les Crânes de Cannstadt, de Néanderthal et de l'Olmo*, par M. E. d'Acy, Congrès de 1888, t. II, p. 668.

(3) *Les Sépultures de l'Oise*, par M. le Cte de Maricourt, membre de la Société d'anthropologie de Paris, correspondant de la Société d'anthropologie de Washington, etc. Ibid., p. 710.

La trépanation après la mort devait se rattacher à un rite mortuaire; mais il y en avait d'autres aux âges préhistoriques, aussi bien de la pierre polie que de la pierre taillée, et même des commencements de l'âge du bronze, comme le fait remarquer M. l'abbé Wosinsky (1). Le plus digne d'attention réside dans la coutume, générale et dominante sinon universelle, d'inhumer les morts dans une attitude repliée, au besoin maintenue avec des liens, et rappelant la position du fœtus dans le sein maternel. Races brachycéphales, dolichocéphales, intermédiaires, toutes ont pratiqué ce rite qui paraît correspondre à cette pensée que la mort est comme la préparation, au sein de la terre, mère commune, à une nouvelle naissance, autrement dit, à la résurrection.

L'observation des sépultures préhistoriques dans une multitude de stations, principalement à Lengyel, comté de Tolna en Hongrie, semble révéler ce fait que la migration des peuples en Europe serait venue du sud-est de l'Asie, et qu'une partie des émigrants, ayant passé dans le nord de l'Afrique, auraient ensuite pénétré en Europe par Gibraltar et l'Espagne.

Cette remarque nous amène naturellement aux études relatives aux origines des populations des principaux continents. Mais auparavant il nous reste à signaler l'heureux rapprochement exposé par M. le Mis DE NADAILLAC entre les découvertes préhistoriques et les croyances chrétiennes (2). Depuis que l'homme a paru, le relief extérieur du globe a subi bien des changements, la faune et la flore ont considérablement varié, et de nos jours elles changent du tout au tout avec les latitudes et les climats; et cependant l'homme est partout le même. Ses primitifs outils de pierre sont encore représentés chez nos Patagons; ses premières poteries, ses engins en bois de renne ou de cerf, de même que ses monuments mégalithiques, ses rites funéraires, sa pratique de la trépanation chirurgicale ou rituelle, se rencontrent partout, et partout témoignent la croyance à une autre vie. Une telle conformité si longtemps séculaire entre les hommes de tous les temps et de tous les pays, alors que tout le reste des êtres créés a varié ou varie, témoigne invinciblement de l'unité d'origine du genre humain, tandis que la civilisation et le progrès qui sont son apanage exclusif le placent d'autre part à une hauteur infranchissable au-dessus du règne animal.

(1) *L'Attitude repliée des morts aux temps préhistoriques*, par M. l'abbé Wosinsky, curé-doyen d'Aper (Hongrie). Congrès de 1891, VIIIe section, p. 172.

(2) *Les Découvertes préhistoriques et les croyances chrétiennes*, par M. le marquis de Nadaillac, Congrès de 1888, t. II, p. 761.

III. Ethnographie.

L'unité d'origine de l'homme étant admise, la question qui se pose est celle de savoir de quel point du globe il est parti pour rayonner sur le monde, et particulièrement sur l'Europe. L'opinion la plus généralement répandue et la plus plausible fait sortir l'humanité de l'Asie : les Aryas, notamment, seraient partis de la région comprise entre le Pamir, la mer Caspienne et l'Arabie. Mais une école nouvelle veut les faire venir du nord de l'Europe. Le R. P. Van den Gheyn, qui est une autorité grave en la matière, combat vigoureusement cette thèse (1). Il renverse l'argument philologique fondé sur ce que le vocabulaire arya ne mentionne que des noms de la flore et de la faune européennes, en observant que le Pamir et les régions voisines ont un climat froid avec une faune et une flore semblables à la flore et à la faune du nord de l'Europe. N'est pas plus ménagé l'argument anthropologique consistant à dire que le type germano-scandinave, dolichocéphale blond, représente le type arya primitif : le P. Van den Gheyn réplique qu'il a été constaté chez les Aryas deux types au moins, brachycéphale brun et dolichocéphale blond, et que d'ailleurs la dénomination d'*Arya* répond à une famille de langues plutôt qu'à une race proprement dite.

L'archéologie et la géographie ne prouvent pas davantage en faveur de la nouvelle thèse. Avec MM. Salomon Reinach et Max Müller, le savant conférencier montre l'inanité de ces deux ordres d'arguments et arrive à cette conclusion que si l'origine asiatique des Aryas n'est pas encore rigoureusement démontrée, elle réunit cependant des caractères de vraisemblance et de probabilité qui font défaut à leur prétendue origine européo-scandinave.

Nous n'avons qu'à mentionner en passant un autre mémoire où le R. P. Van den Gheyn démontre non moins savamment que la race noire tire également son origine de l'Asie (2), ce mémoire ayant été publié ici-même, en avril 1891 (3).

(1) *L'Origine européenne des Aryas*, par le R. P. Van den Gheyn. Congrès de 1888, t. II, p. 718.

(2) *L'Origine asiatique de la race noire*, par le R. P. Van den Gheyn. Congrès de 1891, VIIIe section, p. 132.

(3) *Rev. des quest. scient.*, t. XXIX, p. 428.

Est-ce aussi de l'Asie que sont venus les premiers immigrants qui ont peuplé l'Amérique? M. le Dr Jousset l'affirme (1) et s'appuie sur ces trois ordres de considérations, à savoir : 1° que, géographiquement, l'Amérique est un prolongement de l'Asie, n'en étant séparée que par un étroit et peu profond détroit, et de nombreuses îles formant une chaîne ininterrompue d'un continent à l'autre; 2° que toutes les races et toutes les civilisations ayant eu leur berceau en Asie, il n'y a pas de raison pour que les peuples américains aient formé une exception; 3° enfin que leurs caractères ethnologiques, leurs traditions, leurs mœurs et leurs monuments, confirment leur origine presque exclusivement asiatique, bien que quelques immigrations partielles et sans importance aient pu arriver d'Europe en Amérique.

Dans la discussion qui a suivi, le R. P. Van den Gheyn a observé que l'auteur s'appuie sur des données trop vagues et trop générales, et que plusieurs de ses assimilations ne reposent pas sur des preuves suffisantes.

Dans des questions aussi difficiles, il importe de ne s'avancer qu'avec des données très précises et sur des preuves solidement établies. Tant qu'on n'a pas pu les réunir, mieux vaut rester provisoirement dans le doute, ou du moins ne donner que des conclusions provisoires indiquant plutôt la direction de nouvelles recherches à faire que des conclusions stables.

C'est ce que fait l'éminent archéologue M. d'Acy, au sujet de l'origine du bronze (2). Il établit d'abord qu'il ne faut pas la chercher en Égypte, où l'on qualifiait *bronze* le cuivre à peu près pur. Ce n'est guère qu'au commencement du troisième empire, sous la XVIIIe dynastie, au XVIe ou tout au plus à la fin du XVIIe siècle A. C., que le bronze, alliage de cuivre et d'étain, a été introduit en Égypte, provenant par voie commerciale de l'Assyrie. C'est donc plutôt du côté de l'ouest, en Assyrie ou en Chaldée, qu'il faut chercher l'origine de cet alliage.

Cette conclusion se trouve en partie confirmée par un mémoire sur le même sujet, mais envisagé à un point de vue différent, et dû à M. le Dr Scheuffgen (3). L'industrie du bronze, pratiquée de haute antiquité en Mésopotamie, n'y était pas née ; elle y avait

(1) *Les Origines asiatiques de la civilisation en Amérique avant Christophe Colomb*, par M. le Dr P. Jousset. Congrès de 1891, VIIIe section, p. 105. Voir aussi pp. 230 et suiv.

(2) *De l'Origine du bronze*, par M. E. d'Acy. Ibid., p. 200.

(3) *L'Origine du bronze*, par M. le Dr Scheuffgen, prévôt du chapitre de la cathédrale de Trèves. Ibid., p. 207.

été apportée par les Accadiens et les Sumériens mongols avec leur civilisation très développée. Les minerais d'étain, rares aujourd'hui, l'étaient bien davantage dans l'antiquité, et retrouver le point d'origine premier de l'alliage de ce métal avec le cuivre est, en l'état des connaissances, à peu près impossible. Comme l'Angleterre possède des mines d'étain et la Scandinavie des mines de cuivre ; comme d'ailleurs les Scandinaves, de race arya très pure, ont envoyé des colonies dans beaucoup de directions, et que, déjà à l'époque néolithique, leur civilisation était en avance sur celle des autres peuples ; comme enfin, d'après M. Bertrand, l'âge du bronze n'a existé, à proprement parler, qu'en Scandinavie, certains auteurs croient pouvoir placer en ce pays l'invention du bronze, et M. le Dr Scheuffgen paraît se rallier à cette solution.

Seulement, s'il en est ainsi, comment expliquer que le bronze ait existé dès la plus haute antiquité dans les plaines de la Mésopotamie ?

La question est donc bien douteuse encore et bien problématique.

IV. Archéologie historique.

Il nous reste, pour terminer cette analyse des vingt-trois mémoires compris sous la rubrique *Anthropologie*, à énoncer deux questions qui se rattacheraient plutôt à l'archéologie historique qu'à la préhistoire. L'une concerne des sculptures taillées sur place en plein roc dans des localités situées aux quatre angles d'un quadrilatère compris entre Thionville, Luxembourg, Niederbronn et le Donon, montagne située à distance à peu près égale entre Baccarat et Strasbourg (1).

Sur le Donon, non loin des ruines d'un temple dédié au Mercure gaulois, c'est un bas-relief creusé en médaillon dans la roche et représentant un sanglier affronté avec un lion,.... à moins que ce ne soit avec un chien. Sous ce dernier est gravé le mot BELLICcUS, et sous le sanglier, SURBUR.

Près de Niederbronn, au sein d'une forêt, c'est un rocher en saillie sculpté en forme de femme assise, les jambes couvertes d'une draperie. Le mot IZI est gravé en un coin du rocher. On attribue cette statue à une représentation de la déesse Rosemerte, sorte de Mercure féminin.

(1) *Les Rochers sculptés de la Lorraine et du Grand-Duché de Luxembourg*, par M. le Cte Henri de Beauffort. Congrès de 1891, VIIIe section, p. 155.

A trois lieues au nord de Luxembourg, sur le bord de l'Alzette, près du village d'Alt Linster, on voit *le rocher de l'homme et de la femme,* deux statues d'une exécution artistique et soignée, figurées avec le costume gaulois, et qui pourrait être le monument funéraire païen de deux riches Gallo-romains.

La quatrième roche sculptée se trouve dans une forêt communale non loin de Thionville, au lieu dit *Trou de l'enfer,* près de la station romaine de Caranusca. Elle représente, sculpté grossièrement, un homme nu portant dans la main droite une coupe ou une fleur, et paraît être le monument modeste d'un Gallo-romain trop peu riche pour qu'on ait pu recourir à un artiste de talent.

On voit que ces objets, pour n'être pas expliqués par des documents écrits, n'ont cependant rien de préhistorique.

La seconde question a pour objet les *Traditions et coutumes du pays de Galles,* par M. le comte DE MARICOURT (1), et constitue plutôt une étude de *folk-lore* et de mœurs locales qu'un travail sur l'anthropologie. Elle ne s'y rattache que par l'indication, au début, de trois types, ou plutôt de deux types tranchés, anglo-saxon et bas-breton, avec les diverses nuances d'un type intermédiaire formant passage de l'un à l'autre; mais cet aperçu n'est donné que d'une manière incidente et sans lien nécessaire avec le surplus.

CH. DE KIRWAN.

(1) Congrès de 1891, section VIII, p. 163.

BIBLIOGRAPHIE

I

PREMIERES LEÇONS D'ALGÈBRE ÉLÉMENTAIRE. *Nombres positifs et négatifs ; — Opérations sur les polynômes,* par H. PADÉ, avec une préface de JULES TANNERY, sous-directeur des études scientifiques à l'École normale supérieure. — XVIII-81 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1892.

Il est bien rare que l'on puisse acquérir, en suivant les classes des lycées ou des collèges, des idées nettes et précises sur les fondements de l'algèbre et, en particulier, sur la notion de nombre négatif. Dans les classes élémentaires, les nombres négatifs sont introduits d'une manière généralement fort illogique, sous prétexte d'*interpréter* certains problèmes qui n'ont plus de sens. Dans les classes plus élevées, dans les classes de mathématiques spéciales par exemple, on dédaigne de revenir sur ces éléments que l'on y imagine faciles et que l'on suppose connus. Aussi, bien des personnes fort avancées dans l'étude des mathématiques, pour qui l'emploi des nombres négatifs et l'usage des règles qui président à leur calcul sont des jeux d'enfant, seraient-elles bien embarrassées de dire ce que signifient exactement les symboles dont elles connaissent si bien le maniement.

Qu'importe, dira quelqu'un, que les jeunes gens qui sortent de nos écoles n'aient sur le sens exact du nombre négatif que des idées un peu vagues, si ce trouble dans les principes n'entraîne aucune inexactitude dans les calculs ? si des règles sûres leur

permettent de combiner sans erreur des symboles dont le sens leur demeure quelque peu obscur ? Le but final des mathématiques est, après tout, de fournir un nombre exact comme réponse aux problèmes concrets que posent les diverses branches de la science et de l'industrie; tout est bien si le but est atteint.

Nombreux sont ceux qui pensent ainsi ; chaque jour, leur opinion recrute de nouveaux adhérents et prend une plus grande part d'influence dans les conseils de ceux qui dirigent l'enseignement de la jeunesse. Contre cette influence, on ne saurait lutter avec trop d'énergie. Les mathématiques ont, dans l'enseignement, un autre rôle à jouer, et plus relevé, que d'apprendre simplement à résoudre les problèmes de la physique ou de l'industrie ; ce rôle est d'exercer, de former le jugement et le raisonnement; d'apprendre à ne point discuter sur des termes sans connaître exactement la nature et la portée des idées que ces termes recouvrent. Or le but est manqué lorsqu'on se contente d'enseigner le maniement des signes de l'algèbre, sans montrer aux élèves que ces signes ne sont que des symboles et sans leur exposer les idées qui se cachent sous ces symboles.

Mais s'il est aisé d'apercevoir quelle part importante doit prendre, dans l'enseignement d'un professeur, l'examen approfondi des définitions et des principes, il n'est pas toujours aussi aisé de marquer en détail comment le professeur doit s'acquitter de cette tâche ; être logique, clair, concis, lorsqu'on expose les débuts d'une science quelconque est une difficile besogne, que connaissent et redoutent tous ceux qui ont enseigné ; tous connaissent les efforts qu'il faut faire pour bien composer les premières leçons d'une doctrine quelconque.

Aussi je suis assuré que beaucoup accueilleront avec reconnaissance les *Premières leçons d'algèbre* que vient de rédiger et de publier M. Padé. En indiquant d'une manière précise et détaillée comment les débuts de l'algèbre peuvent être exposés avec un ordre entièrement logique, M. Padé a rendu un véritable service.

Nous ne voulons pas nous attarder ici à l'examen des minutieuses précautions dont l'auteur entoure ses définitions et ses déductions ; ce qui doit nous intéresser, dans ce compte rendu rapide, c'est l'idée dominante, la notion du nombre *négatif*.

La notion de mesure conduit à l'idée de *nombre arithmétique ;* un pareil nombre n'est ni positif, ni négatif ; il n'a pas de signe. L'idée d'attribuer un signe à un nombre n'intervient que lorsqu'on a à mesurer deux catégories de grandeurs de même espèce, mais de *sens* différent ; par exemple, des chemins parcou-

rus en des sens différents sur une même droite, les uns de gauche à droite, les autres de droite à gauche ; par exemple encore, des temps comptés, les uns en remontant vers le passé, les autres en descendant vers l'avenir ; pour représenter d'une manière complète ces chemins ou ces temps, on est conduit à donner non seulement le nombre qui en mesure la grandeur, mais encore un *signe* qui en indique le sens.

On aurait pu adopter un signe quelconque; par exemple, faire précéder le nombre qui mesure une grandeur comptée dans un certain sens d'une flèche volant de gauche à droite ; le nombre qui mesure une grandeur comptée en sens inverse d'une flèche volant de droite à gauche ; on aurait pu écrire les uns en rouge, les autres en bleu. Les signes que l'usage a adoptés sont les signes + et —. Il y aurait grand inconvénient à suivre cet usage, du moins au début de la théorie ; en effet, avant toute introduction de nombre positif ou négatif, les signes + et — ont, en mathématiques, une signification bien déterminée, ils représentent l'addition et la soustraction arithmétique. Le développement de la théorie des nombres positifs ou négatifs conduira de lui-même, il est vrai, à établir entre les signes de l'addition et de la soustraction et les signes des nombres une étroite correspondance. Mais le sens de cette correspondance serait absolument masqué si on l'admettait dès le début. Aussi M. Padé adopte-t-il, pour désigner les deux catégories de nombres qui mesurent des grandeurs de même espèce, mais de sens différents, les deux indices p et n. Il ne les remplace par les signes + et — qu'après avoir établi la signification et la légitimité de cette substitution.

Prenons deux grandeurs de même espèce, susceptibles de sens, et parcourons l'une, puis l'autre, chacune dans son sens ; si elles sont toutes deux de même sens, l'effet obtenu est le même que si nous avions parcouru une grandeur de même sens que chacune d'elles et égale à leur somme arithmétique ; mais il n'en est plus de même si elles sont de sens différent ; dans ce cas, l'effet obtenu est le même que si nous avions parcouru, dans le sens de la plus grande d'entre elles, une grandeur égale à l'excès arithmétique de la plus grande sur la plus petite.

Former, dans tous les cas, le symbole (nombre et signe) qui représente l'effet résultant obtenu lorsqu'on parcourt successivement diverses grandeurs, chacune dans leur sens, tel est le but de *l'addition algébrique*. De cette opération symbolique, M. Padé donne immédiatement une définition abstraite ; il n'indique pas quelle en est l'origine concrète : par là, son exposé gagne en net-

teté ; mais, peut-être, y aurait-il inconvénient à imiter cette manière de faire avec des commençants ; les définitions et les raisonnements de M. Padé leur sembleraient bien arbitraires, et, certainement, cette question se poserait à eux : « A quoi tout cela sert-il ? » Mais en tous cas le défaut, si défaut il y a, est aisé à corriger et les professeurs y remédieront sans peine.

M. Padé a poussé son exposé jusqu'à l'étude des opérations sur les polynômes ; par là, il a clairement aplani les débuts de l'algèbre et marqué comment l'exposé élémentaire qu'il nous donne doit se souder aux cours et aux traités plus élevés. Son livre sera un régal pour ceux qui aiment la rigueur.

A ce livre, déjà si intéressant, M. J. Tannery a joint une préface que tous les professeurs d'algèbre voudront lire. Dans cette préface, le maître si pénétrant auquel nous devons une admirable *Introduction à la théorie des fonctions d'une variable réelle,* esquisse brièvement les variantes que, selon les circonstances, les professeurs peuvent apporter à l'exposé de M. Padé. Par là, il achève le service que ce livre est appelé à rendre à l'enseignement des mathématiques.

P. Duhem.

II

Leçons sur la Théorie de l'Élasticité, par H. Poincaré, rédigées par MM. Émile Borel et Jules Drach. — In-8°, 208 pp. — Paris, Georges Carré, éditeur, 1892.

Ce livre n'est pas un traité d'élasticité. M. Poincaré a choisi, parmi les questions dont l'ensemble forme la théorie de l'élasticité, celles qui l'intéressaient davantage et il les a examinées en détail, sans se soucier des autres.

Après un premier chapitre consacré à l'étude cinématique des déformations infiniment petites, fondement de l'élasticité tout entière, M. Poincaré aborde l'étude des forces élastiques. Cette partie n'est pas la meilleure de l'ouvrage. Les corps y sont considérés comme des assemblages de points matériels isolés les uns des autres, et capables d'exercer les uns sur les autres des forces qui, d'après l'auteur, *ne sont pas forcément centrales.* De ce point de départ, par des méthodes imitées de Poisson et de Cauchy, mais rendues plus simples, M. Poincaré déduit l'expression des N_i, T_i, en supposant le corps déformé au préa-

lable. Puis il ajoute : « Les théories qui précèdent ont un inconvénient grave : elles reposent sur un certain nombre d'hypothèses moléculaires qui peuvent être révoquées en doute. Il n'en est pas de même des théories fondées sur la thermo-dynamique et qui, d'ailleurs, conduisent aux mêmes équations. » Ces dernières théories sont alors esquissées en deux pages. On ne voit pas sans quelque regret l'auteur s'attarder aux calculs peu élégants et aux hypothèses surannées de la théorie moléculaire et glisser si rapidement sur un mode d'exposition pour lequel il ne cache pas ses préférences.

Le chapitre le plus intéressant est celui qui est intitulé : *Petits mouvements d'un corps élastique.* Dans ce chapitre, M. Poincaré donne la démonstration de l'existence des solutions simples, en nombre infini, de l'équation des mouvements vibratoires des corps élastiques. Puis il indique comment une série de semblables solutions simples fournira l'intégrale générale des petits mouvements quelconques. La méthode qu'il emploie, inspirée par les travaux de M. Schwarz et de M. H. Weber, est celle dont il a déjà fait usage dans la théorie de la chaleur et dans l'étude du résonateur de M. Hertz. Comme la démonstration donnée par Lejeune-Dirichlet et par Riemann du théorème fondamental de la théorie du potentiel, cette méthode consiste à démontrer qu'une certaine quantité est limitée inférieurement et à *admettre* que cette quantité atteint sa limite inférieure, qui en est ainsi un minimum. Cette méthode prête donc aux objections que M. Weierstrass et M. Kronecker ont élevées contre le principe de Lejeune-Dirichlet. Quant au développement de l'intégrale en une série de solutions simples, M. Poincaré ne démontre pas qu'il soit convergent ni qu'il puisse satisfaire aux conditions aux limites; il se contente de montrer comment on déterminerait les coefficients en admettant la légitimité du développement. Ce chapitre est donc une simple ébauche d'une théorie analytique qui reste à faire; mais cette ébauche est tracée de main de maître.

Un chapitre est consacré à diverses applications de la théorie des petits mouvements; la propagation et la réflexion des ondes planes y est examinée en détail. M. Poincaré développe ensuite un exemple intéressant, dû à M. Brillouin, et qui prouve, contrairement à l'opinion de Lamé, que les vibrations d'un solide ne sont pas, en général, exclusivement longitudinales ou exclusivement transversales.

Le problème de la torsion et de la flexion des prismes est

traité par la méthode de Saint-Venant, d'une manière à la fois très élégante et très simple. Enfin, dans un dernier chapitre, par des démonstrations géométriques d'une brièveté remarquable, M. Poincaré montre que le problème de la courbe élastique gauche est identique, au point de vue de l'analyse, au problème du mouvement d'un corps pesant qui a un point fixe. On sait que ce problème a été profondément étudié depuis Lagrange et Jacobi jusqu'à M. Hermite et à Sophie de Kowalevski.

Le petit livre que nous venons d'analyser nous paraît être un bien intéressant sujet d'études pour les géomètres qui désirent se familiariser avec les méthodes propres à traiter les problèmes d'élasticité. Ces méthodes, M. Poincaré les manie avec autant de simplicité que d'élégance. Les physiciens regretteront peut-être que le savant professeur de la Sorbonne n'ait pas insisté sur les principes de la théorie qui, pour eux, ont plus d'intérêt que les procédés d'intégration. Mais ce regret ne peut tourner en reproche; M. Poincaré n'a pas eu l'intention d'écrire un traité complet d'élasticité ; il a seulement voulu nous donner quelques leçons détachées et nous devons lui en être reconnaissants.

P. Duhem.

III

Vorlesungen ueber mathematische Physik, par G. Kirchhoff. — IIer Band. *Optik.* — Leipzig, B. G. Teubner, 1891, in-8°.

G. Kirchhoff (1) avait entrepris d'écrire un traité de physique mathématique. Le premier volume de ce traité, intitulé *Mécanique,* et consacré à la capillarité, à l'hydrodynamique, à l'élasticité, a seul paru de son vivant. Ce livre admirable est déjà parvenu, en Allemagne, à la troisième édition.

Les autres parties de ce traité étaient demeurées inédites. Depuis la mort de l'illustre professeur de Berlin, ses élèves ont entrepris de le compléter en s'aidant soit des manuscrits du maître, soit des notes prises à ses cours. L'*Optique,* dont nous rendons compte aujourd'hui, est le premier des volumes complémentaires qui nous sont promis; il a été rédigé par M. le

(1) Nous avons donné de cet ouvrage un compte rendu plus détaillé dans le *Bulletin des sciences mathématiques,* 2e série, t. XVI, p. 45.

Dr Kurt Hensel, *privat-docent* à l'université de Berlin et revu par M. H. von Helmholtz.

Les diverses parties de l'Optique physique y sont très inégalement développées. Dix leçons sur quatorze sont consacrées à l'étude de la propagation de la lumière dans les milieux isotropes. G. Kirchhoff y développe cette théorie en suivant la méthode qu'il avait indiquée dès 1882 dans son grand mémoire : *Zur Theorie der Lichtsstrahlen*. Le fondement sur lequel elle repose est un théorème général de la théorie des fonctions qui remplace le classique, mais obscur, principe d'Huygens. Ce théorème fournit la base rationnelle de la théorie des petits mouvements dans les fluides, tout comme le théorème de Cauchy fournit la base de la théorie des fonctions de variables imaginaires ou le théorème de Green la base de la théorie du potentiel. C'est sur ce théorème que repose l'optique géométrique ainsi que les lois de la diffraction. L'explication des phénomènes de diffraction est, assurément, la plus belle partie du livre de G. Kirchhoff; jamais cette explication n'avait été donnée avec autant d'ampleur, d'élégance et de rigueur.

La théorie mécanique de la réflexion et de la réfraction de la lumière est exposée avec beaucoup de soin conformément aux idées de Mac Cullagh et de Neumann; une leçon est consacrée à exposer très simplement la théorie de la dispersion et de la réflexion métallique, en prenant pour point de départ les équations données par H. von Helmholtz pour la propagation de la lumière dans les milieux absorbants.

Les quatre dernières leçons sont consacrées aux milieux biréfringents. La théorie de la double réfraction adoptée est celle de Green et Lamé; elle est suivie d'une étude très élégante des propriétés de la surface d'onde. G. Kirchhoff reproduit ensuite, en le simplifiant, le mémoire qu'il a écrit sur la réflexion et la refraction de la lumière à la surface des corps cristallisés. Une dernière leçon traite des couleurs des lames minces cristallines en lumière polarisée.

Cette partie des *Leçons* de G. Kirchhoff qui est consacrée à l'étude des milieux cristallisés ne présente pas un ensemble aussi imposant que les dix leçons consacrées aux milieux isotropes. On peut même y signaler une regrettable lacune : la théorie de la polarisation rotatoire est passée entièrement sous silence. Néanmoins, on peut dire que ces *Leçons*, auxquelles le maître n'a pu donner le dernier poli, constituent le plus beau commentaire qui ait jamais été fait de l'œuvre de Fresnel.

Qu'il nous soit permis, en terminant ce compte rendu, d'émettre un vœu : les *Leçons de Mécanique* de Kirchhoff sont parvenues, en Allemagne, à leur troisième édition ; elles sont devenues le guide indispensable de quiconque veut étudier la physique mathématique, et cependant elles n'ont pas encore, en France, trouvé de traducteur. Souhaitons que les *Leçons d'optique* ne rencontrent pas, dans notre pays, la même indifférence.

P. DUHEM.

IV

TECHNIQUE BACTÉRIOLOGIQUE, par le Dr R. WURTZ, chef du Laboratoire de pathologie expérimentale à la Faculté de médecine de Paris (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. LÉAUTÉ, membre de l'Institut). — Petit in-8° de 192 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1892.

Conformément au programme tracé par la direction de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, le traité de M. R. Wurtz donne *sous une forme condensée* les principaux résultats pratiques définitivement acquis à la bactériologie expérimentale. On n'y trouvera ni l'histoire du développement rapide de cette science née d'hier, ni l'étude des microbes pathogènes actuellement connus, ni un aperçu sur les essais tentés pour découvrir et combattre les causes supposées des maladies infectieuses, ni même l'exposé complet des méthodes techniques dont un si grand nombre n'ont pas seulement réussi à se faire accepter.

M. Wurtz se borne aux notions qu'un débutant doit posséder à fond avant d'aborder l'étude proprement dite des microbes ; mais ces notions, il les donne avec un discernement, une méthode et une clarté qui dénotent une longue pratique et une observation soigneuse des faits.

Les opérations qui constituent la technique bactériologique sont décrites dans l'ordre même où l'on doit les exécuter d'ordinaire.

La stérilisation des appareils et des liquides est l'objet des premières pages. Elle se fait soit par la chaleur sèche à l'aide du four Pasteur, soit par la chaleur humide sous pression à l'aide de l'autoclave de Chamberland, soit à froid par filtration à travers des bougies en porcelaine pour les substances en solution et non

visqueuses. Comme M. Wurtz le dit fort à propos, cette dernière méthode de stérilisation exige des précautions spéciales, car d'après des observations déjà anciennes, confirmées et complétées tout récemment par M. Arloing, la force rétentive des bougies Chamberland généralement employées n'est pas identique pour toutes les bougies neuves, et elle diminue rapidement avec l'usage, surtout pour les substances précipitables par l'alcool (1).

Le bouillon, la gélatine, la gélose, la pomme de terre, le sérum sont recommandés comme milieux de culture. Après quelques conseils sur l'ensemencement, l'auteur indique les procédés ordinaires de culture dans la gélatine ou la gélose, sur plaques suivant Koch et Petri, on en tubes à fort calibre suivant Esmarch.

Un chapitre spécial est consacré à la culture des anaérobies. Le milieu de culture privé d'oxygène par l'ébullition, par l'emploi du vide ou d'un gaz inerte est ensemencé avec des précautions spéciales et conservé ensuite soit dans un tube scellé, soit dans un tube ouvert sous une couche d'huile ou de pétrole stérilisés. Quant à la séparation des microbes anaérobies, elle se fait commodément au moyen des appareils de Liborius, de Roux et de Fraenkel.

La température *optima* pour le développement des micro-organismes diffère suivant les espèces, mais se trouve généralement entre 20° et 38°. Il faut donc dans tout laboratoire bactériologique des étuves à température constante, munies de régulateurs. Celle de Gay-Lussac, celle de d'Arsonval, remplies d'eau ou d'huile, et celle plus grande de Roux à circulation d'air chaud suffisent à tous les besoins. Quel que soit le modèle adopté, on aura deux étuves, l'une réglée à 37° pour les cultures dans le bouillon, le sérum et la gélose, l'autre réglée à 20° environ, pour les tubes et les plaques de gélatine.

Dans le chapitre sixième, M. Wurtz décrit les moyens de contention les plus pratiques pour le cas où il s'agit de faire des inoculations à des animaux vivants : cobayes, lapins, souris, chiens, etc. Matériel et méthodes d'injection, autopsies, examen du sang et des organes : voilà les différents points touchés.

Nous aurions voulu quelques détails sur la conservation des préparations de micro-organismes, à la fin du chapitre qui traite

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, CXIV, 1455.

de l'observation des colonies à de forts grossissements, des cultures sous le microscope et des procédés de coloration.

L'auteur termine par un appendice sur l'analyse bactériologique de l'air, de l'eau, de la terre et des poussières.

Les procédés employés pour la détermination et la numération des germes de l'air sont nombreux. Le chapitre dixième indique, outre ceux de Miquel, Frankland et Petri,un procédé dû à l'auteur et à M. Straus, qui consiste à faire passer directement un volume d'air déterminé à travers de la gélatine nutritive stérilisée. Malheureusement, M. Wurtz n'indique pas les causes de supériorité de son appareil sur d'autres du même genre, qui n'avaient donné avant lui que des résultats médiocres.

Pour l'analyse bactériologique des eaux, Koch utilise la gélatine sur plaques; Miquel, le bouillon stérilisé. Tous deux isolent les micro-organismes par des dilutions progressives après l'ensemencement. Quoi qu'en dise l'auteur, les avis se partagent au sujet de la valeur relative des deux méthodes.

Tout le monde sait que les travaux actuels de la bactériologie portent sur l'étude des produits de sécrétion des micro-organismes non moins que sur leur morphologie et leurs caractères biologiques. La filtration soignée des cultures a permis d'expérimenter l'action physiologique d'un certain nombre de substances solubles engendrées par les bactéries; mais à part celles qui cristallisent, des alcaloïdes et des protéides, il n'y en a guère qui aient été isolées à l'état de pureté et définies avec certitude. Le dernier chapitre du livre parle du mode d'extraction et des caractères des plus importantes que l'on connait à présent. Leur séparation se fait par dissolution, par précipitation, per évaporation ou par dialyse, suivant les propriétés des principes immédiats à recueillir. Les remarquables travaux d'A. Gautier, résumés dans son *Cours de Chimie biologique,* fournissent pour ces sortes de recherches des méthodes précieuses et des résultats importants.

On le voit, malgré les limites étroites où il s'est renfermé, M. Wurtz a fait œuvre de savant. Son livre trahit un expérimentateur judicieux et habile; il répond pleinement au plan adopté dans la préface. Nous regrettons pourtant qu'il n'y soit pas fait une part plus large à la bibliographie méthodique que promettait le prospectus général de l'*Encyclopédie scientifique.* Une indication plus détaillée des sources eût fait de ce petit traité une introduction bien meilleure encore aux ouvrages spéciaux que l'auteur n'a nullement la prétention de remplacer.

F. D.

V

Résistance des matériaux, par M. Duquesnay, directeur des Manufactures de l'État *(Encyclopédie des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut). — Petit in-8° de 187 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1892.

Ce livre est surtout un exposé de la partie théorique de la résistance des matériaux; il présente aussi, il est vrai, quelques importants exemples d'application.

Après avoir indiqué l'objet de cette partie fondamentale de la science de l'ingénieur, et le rôle important qu'elle joue dans la pratique des constructions, l'auteur aborde l'étude des quatre déformations simples de la section transversale d'une pièce, puis celle des déformations composées; il établit par un exposé très clair toutes les formules qui s'y rattachent et qui sont d'un usage courant dans les applications, ces formules ayant trait à la fois aux tensions développées et aux déformations subies. Il consacre un paragraphe spécial à l'étude des pièces d'égale résistance pour chaque genre d'effort considéré. Sous le titre d'*Exemples divers*, il traite ensuite les principaux cas de la flexion, le cas des pièces chargées debout, et celui des poutres continues sur plusieurs appuis. Puis vient l'étude de la résistance des pièces courbes et son application à l'évaluation de la poussée des arcs.

Cette partie théorique se termine par l'examen de la résistance des enveloppes, l'évaluation de la poussée des terres, et l'étude des conditions générales de stabilité des maçonneries.

La seconde partie, dite " pratique ", constitue le côté vraiment original du livre, et elle répond d'une façon parfaite au but poursuivi par la publication des " *Aide-mémoire* ". Toutes les formules auxquelles ont conduit les théories précédemment développées y sont réunies, condensées et groupées en tableaux d'un usage extrêmement facile; il y est joint d'autres tables donnant des renseignements de toute nature sur les coefficients pratiques des divers matériaux et la détermination des charges que supportent les constructions. La science de la résistance des matériaux tient là tout entière en quelques tableaux dont l'emploi sera d'une utilité incontestable aux ingénieurs; ils leur éviteront les longues recherches et la reprise des théories, en leur présentant d'un seul coup toutes les formules d'application immédiate auxquelles elles conduisent.

Dans la troisième partie, l'auteur a traité quelques importants exemples d'application : la résistance des câbles, celle des rivures, le calcul des arbres, la résistance des canons frettés, la stabilité des murs de soutènement et enfin le calcul des ressorts.

La partie pratique forme, à notre avis, le côté saillant de l'ouvrage, la partie théorique en constituant comme un commentaire qui a pour effet d'en rehausser la valeur; mais cette première partie, chef-d'œuvre de concision et de clarté, est elle-même un exposé très complet des principes de la résistance des matériaux, et elle pourra par là être aussi très utile à ceux qui ont surtout en vue le côté purement scientifique.

P. Daubresse.

VI

Tiroirs et distributeurs de vapeur, par A. Madamet, ingénieur de la Marine, ancien directeur de l'École d'application du génie maritime *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire,* publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut). — Petit in-8° de 149 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1892.

On trouverait difficilement, croyons-nous, un traité aussi complet sous un format aussi restreint. Abordant la question dans toute sa généralité, l'auteur indique d'abord le rôle des distributeurs de vapeur, et il expose tous les détails de fonctionnement du tiroir simple à coquille et du tiroir en D. Ce premier chapitre forme en quelque sorte l'exposé des principes de la distribution par tiroirs, dont le chapitre suivant a pour objet l'examen de la réalisation pratique.

Il n'est peut-être pas une seule variété importante de tiroirs de distribution qui n'y soit décrite ou représentée au moins dans ses dispositions de principe; tiroirs à coquille ordinaires, tiroirs à compensateurs, tiroirs à canaux multiples, tiroirs équilibrés, tiroirs à pistons, tiroirs en D, tiroirs circulaires plans et robinets oscillants, les plaques oscillantes (valves Corliss), les soupapes, etc.; ces divers systèmes y sont tous décrits dans leurs dispositions générales, les particularités et circonstances spéciales à chacun d'eux étant soigneusement mentionnées.

Le chapitre III, qui traite de la conduite des organes distribu-

teurs, étudie successivement la commande par excentrique, bielle et manivelle, cames, déclics, butoirs, et enfin le distributeur sans tiroirs.

Dans le chapitre IV, l'auteur énonce le principe du changement de marche, et il décrit tous les dispositifs qui permettent de le réaliser sans faire varier en même temps l'introduction : citons l'excentrique à calage variable, avec ou sans déclenche de la bielle de commande, les appareils Mazeline et Joëssel, le changement de marche à deux excentriques et la coulisse de Stephenson.

Enfin le chapitre V renferme tout ce que l'on connaît au sujet du frottement des tiroirs et de la résistance offerte à leur mouvement, et il énonce les systèmes divers de mise en train à vapeur.

Comme on le voit, ce livre renferme l'étude de toutes les variétés de distributions par tiroirs, valves et soupapes, mais sans dispositifs de détente variable, et c'est pour ce motif que la coulisse de Stephenson s'y trouve seulement énoncée et non décrite.

Au point de vue de l'ingénieur, il contient toutes les indications nécessaires à la détermination des éléments d'une distribution ; le constructeur y trouvera d'autre part toutes les variétés de dispositifs différents qui ont reçu jusqu'ici la sanction de la pratique. L'ouvrage nous semble donc appelé à rendre de réels services, et nous attendons impatiemment la publication du volume relatif à la *Détente variable* qui doit en former la seconde partie.

P. Daubresse.

VII

Examen des aliments suspects, par H. Polin et H. Labit. — 1 vol. petit in-8°, 230 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Masson.

Cet ouvrage fait partie de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, section du biologiste, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut.

MM. Polin et Labit sont ces mêmes médecins-majors de l'armée française auxquels on doit déjà une intéressante *Étude sur les empoisonnements alimentaires* (microbes et ptomaïnes), travail dont il a été rendu compte dans la livraison d'octobre 1890

de la *Revue*. Aujourd'hui ils traitent d'ensemble l'importante question de l'altération des aliments.

La préface est de M. J. Arnould. L'éminent professeur rappelle que, d'une part, on en est arrivé à avoir des idées assez précises sur la nature des principes dangereux que les aliments et les boissons sont capables d'introduire dans l'organisme, et que, d'autre part, on a vu se développer dans ces derniers temps d'une façon extraordinaire " l'art de vendre au public, à beaux deniers, des denrées alimentaires de nulle valeur ou avariées, mais agréablement fardées, ou qui ont été l'objet de manipulations compromettantes pour le consommateur, mais qu'on lui tait soigneusement et qu'il est hors d'état de reconnaître. „ Il en conclut que c'est le moment ou jamais de faire " l'examen des aliments suspects. „

Les auteurs ont exposé leur sujet d'une façon remarquablement élégante. L'ouvrage est divisé en deux parties. Dans la première, on explique comment un aliment peut devenir nuisible; dans la seconde, on traite des moyens de reconnaître les aliments suspects.

Certaines altérations sont d'ordre chimique ou mécanique : l'aliment a été additionné de corps plus ou moins nocifs, c'est-à-dire qu'il a été l'objet de falsifications soit relativement inoffensives, soit capables de nuire à la longue, soit immédiatement nuisibles; le récipient dans lequel l'aliment a été préparé ou conservé lui a communiqué des propriétés vénéneuses; les manipulations ou le voisinage l'ont exposé à des contaminations toxiques; il a été accidentellement mélangé à des substances étrangères.

Parfois l'altération est d'ordre biologique : un animal, intoxiqué par des médicaments ou des aliments, sécrète du lait ou donne de la viande toxiques; un animal surmené ou malade fournit des produits chargés de leucomaïnes; un végétal ordinairement comestible devient parfois dangereux.

Enfin les altérations peuvent être d'ordre parasitaire. On distingue entre le parasitisme grossier, auquel se rapportent la ladrerie, la trichinose, les moisissures du pain et certaines altérations des céréales, des légumes et des eaux de boisson, — et le parasitisme microscopique, auquel sont dues la fermentation, la putréfaction et les maladies infectieuses, la nocuité de l'aliment pouvant, dans ces processus divers, être le résultat, ou bien de l'action des micro-organismes eux-mêmes, c'est-à-dire une *infection*, ou bien de l'action des ptomaïnes qu'ils sécrètent, c'est-à-

dire une *intoxication*. Indépendamment de leur altération propre, certains aliments servent souvent de véhicules à des germes pathogènes provenant d'un voisinage ou d'un contact infectieux.

Après ces généralités, les auteurs, abordant la partie spéciale de leur ouvrage, passent successivement en revue, sous le rapport des altérations et des falsifications, les aliments d'origine animale : viandes, volaille, gibier, poissons, crustacés, mollusques; lait, beurre, fromage; œufs; — les aliments d'origine végétale : céréales, légumes, pommes de terre, champignons; — les conserves : salaisons, conserves de légumes; — les boissons usuelles : eau, vin, bière, cidre. Un dernier chapitre est relatif à la préparation des aliments et au choix des ustensiles culinaires.

MM. Polin et Labit, traitant leur sujet en médecins, s'occupent principalement des altérations dites *spontanées*. Ils glissent assez rapidement sur les falsifications, " qui font l'objet d'ouvrages spéciaux et dont la recherche nécessite généralement de longues analyses; „ et, parmi les altérations, celles qui fixent le plus leur attention sont les souillures occasionnées par le parasitisme microscopique et spécialement par l'invasion des microbes pathogènes spécifiques. Voici, en résumé, ce que l'expérience nous enseigne à ce sujet.

Parmi les maladies infectieuses qui s'attaquent aux espèces animales, il en est un certain nombre que l'homme peut à son tour contracter, notamment par l'ingestion du tissu malade ou d'une sécrétion du tissu atteint ; tout au moins ces tissus et ces sécrétions (viandes, lait) constituent-ils des aliments dangereux, qu'il faut rejeter de la consommation. Les maladies dont il est ici question sont notamment la septicémie, la mammite infectieuse, la pyohémie, le charbon, la maladie aphteuse (cocotte), la tuberculose (pommelière), la péripneumonie contagieuse, la morve, le rouget, la rage.

Certains aliments, tels que le lait, l'eau, les légumes, les fruits, etc., sont souvent pollués par des germes pathogènes venus en contact avec eux : c'est ainsi que se propagent fréquemment le typhus, la diphtérie, la scarlatine, le choléra, la dyssenterie, la pneumonie, le charbon, etc.; des précautions doivent donc être prises de ce chef par le producteur et par le consommateur.

L'ouvrage dont nous venons de donner un aperçu rapide est, en somme, tant par l'originalité de son ordonnance générale que par les développements donnés à certaines de ses parties, l'un des plus intéressants qui aient été publiés sur la matière.

Les faits qui y sont exposés établissent une fois de plus la nécessité d'une réglementation et d'une surveillance du commerce des denrées alimentaires et particulièrement des viandes et du lait.

J.-B. André.

VIII

Analyse des vins, par le Dr L. Magnier de la Source. — 1 vol. petit-in 8°, 196 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Masson.

Tel est le titre d'un excellent ouvrage de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*

L'auteur de ce livre le présente, non pas comme un traité complet, mais comme un exposé succinct des méthodes dont les chimistes, et spécialement les essayeurs du commerce et les experts des tribunaux, peuvent tirer le meilleur parti pour résoudre les problèmes les plus simples et les plus fréquemment posés en matière de falsification et d'altération des vins.

L'étude complète d'un vin comprend d'abord l'examen de ses caractères physiques, notamment de la densité, du pouvoir rotatoire et de l'intensité de la coloration.

On procède ensuite au dosage des principaux éléments normaux du vin.

Pour le dosage exact de l'alcool, l'auteur accorde la préférence à la méthode de Gay-Lussac, par distillation et alcoométrie, sur les autres procédés, tels que ceux de l'ébullioscope ou de l'ébulliomètre.

Il insiste sur la nécessité d'indiquer toujours les conditions dans lesquelles on a déterminé l'extrait sec du vin, de façon à ce que l'on sache si, dans cet extrait, est comprise la glycérine, dont le poids est le tiers environ du poids total des éléments solides. Il propose un mode opératoire très pratique pour la dessiccation dans le vide.

Pour le dosage de la glycérine, la méthode de Pasteur est très recommandable, sauf en cas de vins fortement plâtrés, où il faut recourir à la méthode de Raynaud ou à celle de Ferdinand Jean. Les procédés de Chancel et de Carles, comportant la dessiccation à 105°, occasionnent des pertes toujours notables de glycérine.

Les teneurs en alcool, en extrait et en glycérine sont, comme on le verra plus loin, les données sur lesquelles on s'appuie généralement pour reconnaître si un vin a été additionné d'alcool.

Rien de particulièrement intéressant à signaler relativement au dosage de l'acide succinique, des matières sucrées ayant échappé à la fermentation, de la crème de tartre et de l'acide tartrique, à la détermination du degré d'acidité, au dosage des acides volatils, du tannin, de la gomme, des cendres et du chlore.

La détermination de l'acidité totale a une certaine importance pour la recherche du mouillage, ainsi qu'on le verra tantôt. L'exagération dans le vin de la proportion d'acides volatils (acide acétique) correspond à l'une de ses altérations les plus fréquentes, l'acescence.

Le dosage de l'acide sulfurique, en vue de l'évaluation du plâtrage, s'effectue d'une manière plus précise en opérant sur les cendres du vin qu'en formant directement un précipité dans le liquide. En effet, l'acide tartrique et les tartrates alcalins jouissent de la propriété de rendre le sulfate de baryum légèrement soluble, même dans un milieu renfermant de l'alcool.

Après avoir dosé les éléments normaux, on passe à la recherche des substances étrangères.

Les matières colorantes, à l'aide desquelles on cherche à rehausser la couleur des vins mouillés ou additionnés de piquettes, sont principalement celles qui dérivent des goudrons de houille. On les reconnaît assez facilement en insolubilisant la matière colorante naturelle du vin et en séparant le colorant artificiel soit par simple filtration, soit par dissolution dans un véhicule approprié. Quant aux matières colorantes d'origine végétale ou animale, leurs caractères sont tellement analogues à ceux de la matière colorante du vin que, sauf des circonstances particulières et exceptionnellement favorables, il est impossible au chimiste de les découvrir.

La recherche de la glycose commerciale, souvent ajoutée au vin pour rehausser sa teneur en alcool et en extrait et masquer ainsi une addition de piquettes ou d'eau, s'effectue au moyen du polarimètre par la méthode de Neubauer. Le procédé de Tony-Garcin, basé à la fois sur l'usage du polarimètre et la réduction par la liqueur cupro-potassique, peut, dans certains cas, conduire à de graves erreurs.

La mannite se rencontre fréquemment en quantité considérable dans les vins d'Algérie, par suite de leur falsification au moyen de vin de figues. Son dosage n'offre pas de difficultés spéciales.

Il en est de même de la recherche et du dosage de l'acide salicylique, de l'acide borique et de l'acide sulfureux. L'auteur fait observer que ce dernier antiseptique ou agent de conservation est très employé, soit à l'état gazeux, soit à l'état de bisulfite. Inoffensif, d'après lui, lorsqu'il est introduit dans le vin à dose peu élevée, l'acide sulfureux devient nuisible à la santé lorsqu'on l'emploie en proportion immodérée.

La présence de l'édulcorant appelé dans le commerce *saccharine* (anhydride orthosulfamide benzoïque) peut être reconnue en se basant soit sur sa propriété de fournir de l'acide sulfurique par fusion avec un alcali et du salpêtre, soit sur celle de se transformer en acide salicylique sous l'action de la soude caustique à la température de 250°. On ne peut évidemment utiliser cette dernière propriété que si le vin ne contient pas d'acide salicylique, à moins que l'on ne sépare au préalable la saccharine d'avec ce dernier, d'après le procédé de Ch. Girard : dissolution du résidu éthéré dans l'alcool et addition d'une solution alcoolique de potasse, laquelle précipite partiellement la saccharine à l'état de saccharinate de potasse.

L'alun est employé pour communiquer au vin une couleur plus intense, une saveur âpre et astringente qui masque le mouillage ou l'addition de piquette, comme aussi pour préserver le vin de la maladie de la tourne. — L'acidification par les acides minéraux est pratiquée dans le but de rehausser l'éclat de la couleur du vin et de communiquer à cette boisson une saveur plus chaude et plus corsée. L'acide arsénieux a été parfois confondu avec du plâtre et versé sur la vendange. La litharge a été employée pour corriger l'acidité des vins piqués. La recherche de ces composés minéraux ne présente pas de difficultés particulières.

C'est au microscope, sous un grossissement de 300 à 600 diamètres, que l'on reconnaît les ferments des maladies du vin : ferment acétique, ferment de la graisse ou du filage, ferment de la tourne ou de la pousse, ferment de l'amertume.

Pour terminer, l'auteur examine les moyens de vérifier si un vin a été alcoolisé ou mouillé.

D'après le Comité consultatif des arts et manufactures, on peut considérer comme alcoolisé tout vin rouge dans lequel le poids de l'alcool dépasse 4,6 fois celui de l'extrait, déduction faite dans celui-ci, le cas échéant, du sucre et du sulfate de potasse, — ainsi que tout vin blanc dans lequel le rapport de l'alcool à l'extrait excède 6,6. Mais, si cette règle est généralement applicable aux vins français, elle a été reconnue bien souvent en défaut pour les

vins originaires d'autres pays. D'après M. A. Gautier, peut être considéré comme alcoolisé le vin dans lequel le poids de la glycérine n'atteint pas 1/14 de celui de l'alcool. Cette manière de voir est conforme aux données de la science. Malheureusement, comme la proportion de la glycérine à l'alcool varie dans les vins de 1/14 à 1/10 et même, suivant Fresenius et Bergmann, de 1/14 à 1/7,4, on est exposé, en suivant cette règle, à laisser échapper bien des coupables.

Quant au mouillage, il est extrêmement difficile de le déceler dans un vin dont on ne connaît ni la provenance, ni l'âge, ni le cépage, ni la destination, étant donnée la grande variabilité de la teneur des vins en leurs éléments constituants : alcool, extrait, tartre, etc. M. A. Gautier a reconnu qu'en général, si l'on additionne dans un vin le chiffre indiquant son titre alcoolique centésimal et celui qui donne par litre le poids d'acide sulfurique correspondant à son acidité totale, on obtiendra toujours pour les vins rouges non additionnés d'eau un nombre égal ou supérieur à 13; mais la réciproque n'est pas vraie, et beaucoup de vins vinés, mouillés du cinquième, présentent encore un total alcool-acide variant de 13,5 à 14.

M. Magnier de la Source, par la publication de son *Analyse des vins*, a fait preuve d'une entière compétence en la matière et il a parfaitement atteint son but, qui était de faciliter aux chimistes l'exécution rapide et sûre des analyses courantes de vins, en mettant à leur disposition un manuel qu'ils pussent consulter au laboratoire même et qui les dispense de recourir aux traités ou aux mémoires originaux.

J.-B. André.

IX

Thermodynamique a l'usage des ingénieurs, par Aimé Witz, docteur ès-sciences, ingénieur des Arts et Manufactures, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoires*, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut). — 1 vol. petit in-8° de 215 pp. — Paris, Gauthier-Villars et Masson.

Il y a une vingtaine d'années, dans son important ouvrage : *Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer*, Couche s'exprimait comme suit : « Pour être complète,

l'étude d'une machine thermique doit aujourd'hui s'appuyer sur la théorie mécanique de la chaleur, *aussi nécessaire aux ingénieurs que l'est celle de la résistance des matériaux* » (1). Depuis lors, le domaine de la thermodynamique n'a fait que s'étendre, et cette science s'impose de plus en plus à l'attention de l'ingénieur : ses lois régissent les machines thermiques auxquelles l'industrie emprunte l'énergie dont elle a besoin et sans lesquelles elle ne saurait plus exister.

M. Witz, aussi habile praticien que théoricien distingué, a donc rendu à l'industrie un très grand service en publiant un ouvrage dans lequel il expose clairement et brièvement les principes et les lois de la thermodynamique, afin de mettre cette science à la portée de tous les ingénieurs, même de ceux pour qui les spéculations de la haute analyse n'ont pas grand attrait.

Dans le chapitre 1er, intitulé *Principe de Mayer,* l'auteur s'occupe du principe de l'équivalence. Il le considère comme un principe expérimental et réunit, dans une table, les résultats de trente-quatre expériences qui conduisent, pour l'équivalent mécanique de la chaleur, à des valeurs comprises entre 422,4 et 460. De ce premier principe se déduisent plusieurs conséquences très intéressantes pour la pratique par de simples transformations de l'équation fondamentale $dQ = dU + Apdv$.

Le chapitre II est consacré au *Principe de Carnot.* Après avoir exposé les idées qui ont conduit Sadi Carnot à formuler le second principe fondamental de la thermodynamique, M. Witz étudie la figuration géométrique du célèbre cycle de Carnot et démontre le théorème qui s'y rattache, en s'appuyant sur le postulatum de l'impossibilité du mouvement perpétuel. Du principe de Carnot on arrive facilement à l'équation de Clausius et de celle-ci à la notion de l'entropie. L'étude de la différentielle de l'entropie conduit à de nouvelles formes pour dQ, parmi lesquelles il en est une très importante : la formule de Clapeyron.

Le chapitre suivant est relatif à l'*Étude des gaz.* Les belles expériences de Gay-Lussac, Hirn, Joule, Thomson, etc. ont prouvé que le travail intérieur est nul dans les gaz parfaits ; il en résulte que l'énergie interne ne dépend pas du volume, mais uniquement de la température ; de là, pour ces corps, une simplification notable des équations générales établies dans les chapitres précédents.

(1) T. III, p. 715.

Parmi les transformations que peuvent subir les gaz, les plus importantes sont la transformation isotherme et la transformation adiabatique; elles sont étudiées avec détails dans l'ouvrage du savant professeur de Lille.

Le même chapitre renferme plusieurs tables très soignées, fournissant pour différents gaz le poids spécifique, le volume spécifique, la constante R, les coefficients de dilatation à volume constant et à pression constante et enfin le rapport entre les capacités calorifiques à pression constante et à volume constant.

Vient ensuite l'*Étude des solides* (chap. IV). Une relation, aisée à trouver, entre les variations de volume et de température montre qu'en général, dans une transformation adiabatique, à une compression correspondra un échauffement du solide et qu'inversement un refroidissement suivra une dilatation. La vérification expérimentale de cette formule n'est pas facile, par suite de la présence du facteur $dp : dt$; on lève la difficulté en substituant à ce facteur sa valeur en fonction du coefficient de dilatation cubique. L'équation ne renferme plus alors que des quantités fournies directement par l'expérience.

Dans le chapitre V, *Étude des liquides*, l'éminent ingénieur définit le coefficient de compressibilité des liquides, leur coefficient de dilatation thermique et la chaleur de dilatation. Par la considération du cycle de Carnot, qu'on fait parcourir à un certain poids de liquide en contact avec son solide générateur à la même température, on arrive à la relation si connue entre la chaleur latente de fusion et la différence des volumes spécifiques du solide et du liquide d'un même corps à la même température.

Le chapitre VI traite des *Vapeurs saturées*. Nous y rencontrons la plupart des formules classiques de Regnault et de Zeuner.

Ces formules ont été calculées pour les vapeurs de plusieurs liquides et les résultats en ont été consignés dans des tables.

Dans ces calculs, la vapeur est supposée sèche : hypothèse fictive, irréalisable dans l'industrie où l'on a presque toujours un mélange de vapeur et de liquide. Au point de vue industriel, ce sont donc surtout ces mélanges qu'il importe d'étudier. La thermodynamique fournit, sous ce rapport, deux équations de la plus haute importance : l'une donne la chaleur interne d'un mélange de vapeur et de liquide, l'autre en exprime l'entropie. Lorsque le mélange est soumis à une détente adiabatique, la valeur de $dQ : T$ conduit à une expression qui a été le point de

départ de l'une des découvertes les plus remarquables et les plus inattendues de Clausius. C'est, en effet, en se basant sur cette formule que l'illustre physicien a résolu la question de savoir si la quantité de vapeur devra augmenter ou diminuer par le fait d'une détente adiabatique. Il a trouvé que le sens du phénomène dépend non seulement de la nature du liquide, mais encore de la composition du mélange et de sa température.

Le chapitre VII contient la théorie de l'*Écoulement des gaz et des vapeurs*. Pour les gaz, l'auteur examine successivement l'écoulement à volume constant, l'écoulement isotherme et l'écoulement adiabatique, et arrive ainsi aux formules de Bernouilli, de Navier et de Weissbach. Il en tire ensuite plusieurs conclusions relatives au laminage des fluides à travers l'orifice d'écoulement.

Le dernier chapitre traite du coefficient économique du cycle de Carnot, qui possède le rendement maximum. Ce rendement ne peut être dépassé par celui d'aucun autre cycle fonctionnant entre les mêmes limites de température; mais il ne faudrait pas en conclure qu'il ne puisse être théoriquement atteint par quelques-uns d'entre eux. Dès que l'intermédiaire est mis en contact avec plus de deux sources de chaleur, il y a, en effet, une infinité de cycles qui ont même rendement que le cycle de Carnot.

Le livre est terminé par une bibliographie assez étendue indiquant les principaux ouvrages relatifs à la thermodynamique qui ont paru de 1798 à 1892.

Les ingénieurs, nous n'en doutons pas, feront bon accueil à cette nouvelle publication de l'infatigable collaborateur de la *Revue des questions scientifiques*, publication qui sera pour eux un excellent *Aide-Mémoire*. Comme ils ont pu en juger par la courte analyse que nous en avons donnée, M. Witz a, dans ce travail, coordonné pour leur usage et réuni dans un petit nombre de pages les grandes découvertes des Carnot, Mayer, Clausius. Zeuner, etc. Pour mieux familiariser les praticiens avec les formules d'une science qui leur est aussi indispensable, il récapitule à la fin de chaque chapitre les principales formules qui y ont été développées et en donne de nombreuses applications numériques.

N. SIBENALER.

X

La Terre dans son ensemble. *Cosmographie, astronomie, géographie physique, politique, économique, et histoire de la géographie,* d'après le programme officiel du 4 septembre 1888, pour les classes de rhétorique des Athénées et classes similaires, par Alexis-M. G. — Vol in-12, de VIII-312 pages. — Liége, Dessain.

Commençons par rappeler quel est, en substance, le programme officiel du 4 septembre 1888, édicté pour la classe de rhétorique des Athénées en Belgique.

Ce programme comprend deux parties principales, à chacune desquelles est attribué un nombre égal de leçons.

C'est 1° l'*Étude de la Belgique,* aussi détaillée que possible, sous le rapport de la géographie historique, physique, topographique, industrielle et commerciale, avec ses institutions politiques et administratives.

Je n'ai pas ici à examiner cette partie du programme, que notre auteur a traitée dans un autre de ses ouvrages, dont la *Revue* a jadis rendu compte.

Reste 2° l'*Étude de la Terre considérée dans son ensemble* (cosmographie, astronomie, géographie physique, politique et économique).

Ce programme est le développement scientifique des notions données en sixième et en quatrième. C'est à lui que répond le traité du Frère Alexis-Marie, et, ainsi qu'il le dit lui-même, c'est afin de compléter la série graduée de ses ouvrages pour l'enseignement moyen du degré supérieur, qu'il nous donne ce volume de la *Terre dans son ensemble,* à la suite de deux autres qui étudient successivement en détail la *Belgique* et les *divers États du Globe.*

Beaucoup des lecteurs de la *Revue* connaissent ces ouvrages devenus classiques depuis de longues années dans les établissements libres et officiels : athénées, collèges, séminaires, pensionnats, écoles normales, etc.

Le Cours supérieur est, " en effet, complet dans ses deux premières parties en tant qu'elles exposent toutes les matières à étudier pour répondre aux programmes ordinaires. „ Mais il semble à l'auteur, ce qui du reste est dans l'esprit du programme officiel, " que les jeunes gens doivent finir leurs études par une *revue générale* ou récapitulation, non pas tant des objets

et des noms acquis par la mémoire, que des *faits* et des *phénomènes* constituant l'essence même de la *géographie,* qui est une *science naturelle encyclopédique,* si l'on peut ainsi parler; car, si toutes les autres sciences naturelles et physiques: cosmographie, géodésie, géologie, botanique, zoologie, ethnographie, lui rendent des services, elles empruntent aussi son secours, de même que nombre de sciences commerciales, historiques, politiques et sociales. „

L'auteur divise son travail en trois parties ou sections indiquées par le programme.

La première section s'occupe des *astres* et des rapports cosmographiques de la Terre avec le Soleil et la Lune. Les éléments d'astronomie terrestre doivent être enseignés par le professeur de géographie, non pas d'une manière purement mathématique, comme le ferait un professeur spécial, mais, dit le programme, " parce que souvent ils expliquent des faits d'ordre physique et que, logiquement, ils forment le couronnement scientifique de la connaissance de la Terre. „

Dans une introduction où il évoque le spectacle du ciel, le jour comme la nuit, faisant apparaître les différents astres, l'auteur amène des réflexions sur l'immensité du ciel, le nombre incalculable des étoiles et des nébuleuses. Il conduit tout naturellement à cette question primordiale de l'origine du monde, qui est la " Création „ par un Dieu tout-puissant, infini et éternel, et il répudie avec les philosophes chrétiens cette prétendue notion d'un monde infini et éternel. Puis il émet les hypothèses reçues sur la matière cosmique, sur le mode de formation des astres, et il a soin de les appuyer sur les autorités les plus graves, telles que le P. Secchi.

Dans les chapitres qui suivent, on passe successivement en revue, au chap. Ier, les astres en général et leurs définitions, le détail de la sphère, etc.; — au chap. II, les procédés d'observation des astres, l'emploi des instruments, tels que le théodolite, l'équatorial, la lunette méridienne; la détermination de la distance zénithale, de la hauteur d'un astre, de l'ascension droite, de la déclinaison, etc.; résumé succinct qui laisse intentionnellement beaucoup à faire au professeur, mais qui peut suffire à le guider dans ses leçons.

Le chap. III expose les systèmes astronomiques de Ptolémée et de Copernic, avec un historique du progrès des idées sur le système du monde, depuis Homère et Pythagore jusqu'à notre époque.

Les chap. IV, V et VI traitent du mouvement diurne, *apparent* pour le Ciel, *réel* pour la Terre ; du mouvement annuel, *apparent* pour le Soleil, *réel* pour la Terre, et des conséquences de ces mouvements pour les saisons, le jour, la nuit et leurs inégalités, la distribution de la chaleur dans chaque zone terrestre, etc. Le ch. VII expose les données pratiques de la mesure du temps, pour le jour, l'année, les mois, la semaine, le calendrier et ses réformes.

Dans les chap. VIII, IX et X, on traite du Soleil et de la Lune, de leurs rapports avec la Terre, de leurs rôles dans les éclipses et les marées. Le chap. XI donne les éléments généraux des planètes, leur nature, les lois de leurs mouvements et les particularités physiques des principales d'entre elles. Enfin, le chap. XII termine la partie astronomique par les étoiles et les nébuleuses, qui ramènent à l'immensité de l'espace entrevue au début.

Notons que chaque chapitre renferme les figures indispensables à l'intelligence du texte et que, en outre, un tableau synoptique, placé en tête, donne le canevas de la leçon, canevas que le maître et l'élève développent à volonté; c'est là, au point de vue didactique, une innovation heureuse qui sera appréciée des professeurs, et dont il est bon de donner ici un exemple pris au hasard.

TABLEAU SYNOPTIQUE du chap. V (à développer).

- MOUVEMENT ANNUEL
  - APPARENT : le Soleil semble tourner
    - *Sens :* direct. . .
    - *Durée :* une année. . . .
    - *Zodiaque* — boréales
      - *Bélier*. . . 21 mars
      - *Taureau*.
      - . . . . . .
    - Chemin :
    - Constellations — australes
      - *Balance*.. 21 septembre
      - *Scorpion*.
      - . . . . . .
    - *Ascension droite*. . . . . .
    - *Déclinaison* . . . . . .
    - *Hauteur*. . . *distance zénithale*.
  - RÉEL : la Terre tourne
    - *Sens :* direct.
    - *Durée :* 365 j. 5 h. 48 m. 48 s.
    - *Parcours :* ellipse. . . grand axe.
    - *Distance*
      - moyenne . . . . .
      - *aphélie* . . . . .
      - *périhélie* . . . . .
    - *Vitesse*
      - variable : (aphélie et périhélie).
      - moyenne : 6 lieues par seconde.
      - régulière : conforme à la loi des aires.
  - *Axe terrestre*
    - son *inclinaison*.
    - sa *direction :* parallélisme.
    - conséquences : les *saisons*.

La deuxième partie du cours a pour titre La Terre : c'est la *géographie physique générale.*

Au chap. I, notre planète est étudiée au point de vue de l'habitation humaine, de la théorie de Laplace, et l'on expose les idées naïves que les anciens se faisaient de sa forme plate ou autre. Puis le chap. II en donne les éléments mathématiques, les procédés de détermination des longitudes et latitudes; la notion du méridien initial est accompagnée du projet de division du globe en 24 fuseaux horaires, dont on parle beaucoup aujourd'hui. L'auteur donne même un planisphère avec ce mode de division, basé sur le méridien de Greenwich, lequel décidément devient la pratique générale. On sait que la Belgique a adopté, le 1er mai dernier, l'heure régulatrice anglaise, comme la plupart des États européens.

Les chap. III et IV traitent des projections de la sphère, des grandes divisions physiques et des notions géologiques en général.

Dans des chapitres particuliers, on reprend successivement l'étude plus circonstanciée des *océans* (ch. IV), avec leur étendue, leurs profondeurs, leurs courants et leurs produits; — celle des *continents* et des *îles* (ch. V), avec leur mode de formation géologique, suivi parfois aussi de leur destruction actuelle; leurs caractères propres comme étendue, formes et position; — le *relief du sol* (ch. VI), montagnes, plateaux, plaines et vallées, formation et destruction, mouvements, tremblements de terre, feu central et volcans; — les *bassins hydrographiques* (ch. VII), leurs lignes de ceinture ou de partage des eaux, qu'il ne faut pas confondre avec les lignes de faîte; les sources et les glaciers alimentant les cours d'eau; — les *fleuves* (ch. VIII), leur description théorique et leurs particularités comparées; les effets physiques des eaux détruisant et reconstruisant; les lacs, leur formation et leur dessèchement graduel, etc.

Après ces chapitres essentiels, la physique du globe se termine par l'étude de l'*atmosphère* (ch. IX) : météores, électricité, chaleur, vents, pluie et climats qui en dérivent, et par les *productions naturelles* des trois règnes (ch. X), prélude de la géographie économique.

Enfin la troisième partie, qui prend le titre de La Terre et l'Homme, débute au chap. I par la définition de l'homme lui-même, roi de la création; elle établit une classification ethnographique des variétés de l'unique espèce humaine, classification basée sur l'autorité du savant géologue belge d'Omalius d'Halloy, et

accompagnée de notions sur les langues parlées et les cultes religieux.

Le chap. II traite des formes sociales et gouvernementales, et classe les grands États du globe et les colonies européennes, avec tableaux statistiques.

Le chap. III, étendu et très complexe, fait voir l'action intelligente de l'homme sur la nature qu'il transforme à son gré, et la réaction de la nature sur l'homme lui-même; il énumère les produits agricoles, industriels et commerciaux des diverses contrées du globe, mises en relation par les voies de communication et de transport, les services maritimes, les chemins de fer et la télégraphie.

Dans cet aperçu rapide, le lecteur a pu observer déjà que toutes les matières visées par le programme sont traitées; mais l'ouvrage du Frère Alexis ne s'arrête pas là; il y ajoute avec raison plusieurs chapitres des plus intéressants sur l'*histoire sommaire de la science et des découvertes géographiques*, " car, dit-il, ce n'est qu'en parcourant la longue et pénible genèse de cette science à travers les siècles, que l'on comprend l'ampleur des connaissances actuellement acquises. L'étudiant, qui en trouve la synthèse dans son atlas, et le voyageur, qui fait le " tour du monde " en quelques semaines et avec tant de facilité, ne se figurent pas sans cela comment il a fallu quarante siècles à l'activité humaine, pour arriver à ces résultats que nous trouvons si simples aujourd'hui. "

En effet, dans le chap. IV, cette histoire remonte jusqu'à Moïse et aux Égyptiens, passe ensuite aux Phéniciens, puis aux Grecs, si longtemps les maîtres en littérature et en philosophie : Homère, Hérodote, Pythéas, Dicéarque, Érathostène, Hipparque, et même sous les Romains, Strabon et Ptolémée, nous apportent tour à tour la contribution des connaissances de leur temps sur les contrées connues du globe, sur sa forme et les manières de le représenter.

Le moyen âge continue les errements des Grecs et des Romains, jusqu'au jour où les Normands, les Byzantins, les Arabes, les voyageurs tels que Ruysbroeck et Marco Polo au pays des Mongols, agrandissent l'horizon géographique, que la cartographie naïve et informe de l'Istakhri, de l'Edrisi, de Sanuto, jusque celle de Fra Mauro, dessine le moins mal possible.

Enfin, le XVe et le XVIe siècle, avec Diaz, Gama, Colomb et Magellan, les Portugais et les Espagnols, suivis des autres

peuples : Anglais, Français, Hollandais, Russes, donnent le grand essor à la géographie en découvrant les trois quarts du globe restés jusque-là dans les ténèbres.

La forme sphérique de notre planète est prouvée par le fait même des navigations " autour du monde ", et néanmoins, chose étrange, il faudra de longues années encore pour que l'esprit humain soit convaincu de la doctrine des antipodes. Avec Ortelius et Mercator, la cartographie se complète et se fixe, tandis qu'avec Copernic, Galilée, Képler, Newton, l'astronomie et la cosmographie affirment les rapports de satellite que la Terre entretient avec le Soleil.

Arrivent, au XVIIIe siècle, le capitaine Cook et Bougainville parcourant les Océans; au XIXe siècle, Franklin, Mac Clure, John Ross, Nordenskiöld, recherchant les passages du nord-est et du nord-ouest; enfin, dans un temps plus ou moins rapproché, la découverte d'un *nouveau monde,* qui n'est autre que l'Afrique intérieure, explorée par Mungo Park, Clapperton, Barth, Livingstone, Stanley et toute cette pléiade d'ardents chercheurs, qui ont préludé au fameux partage de l'Afrique entre dix puissances européennes, il y a moins de dix ans.

Est-ce tout? Non, un dernier chapitre, court et substantiel, résume l'*histoire des peuples* et fait voir le " mouvement politique et social sur le globe " depuis les origines du monde. Et après nous avoir décrit la *conquête* du globe par la *race blanche européenne,* l'auteur cherche la cause de la prépondérance de cette race, et il la signale comme résidant essentiellement dans le *christianisme* lui-même et dans cet ordre du Christ-Roi à ses disciples : " Allez, et que l'Évangile soit prêché à tous les peuples de la Terre ", " afin, dit l'auteur en terminant, que, par l'application du principe de justice et de charité qu'il y trouve, l'homme parvienne à la céleste Patrie et *se réunisse à* DIEU, *son créateur et sa fin éternelle.* "

On le voit, il n'est pas possible d'affirmer plus carrément ses sentiments d'auteur chrétien et catholique, et pour cela il faut un certain courage en nos temps de scepticisme et d'incrédulité affectée dans nombre d'écoles.

Souhaitons bon succès à un ouvrage classique établi sur d'aussi saines idées, et qui, malgré quelques imperfections inhérentes à une première édition, nous paraît destiné non seulement à satisfaire les écoles auxquelles il est destiné, mais encore à rendre service à bien des personnes, car les ouvrages de ce genre sont extrêmement rares.

L. DE K.

XI

Bulles de savon, par C.-V. Boys, traduit de l'anglais par Ch.-Éd. Guillaume. — In-12, x-145 pp. — Paris, Gauthier-Villars et fils, 1892.

L'extension considérable que prend de plus en plus la vulgarisation scientifique est sans contredit un des traits caractéristiques de notre époque. Voici encore un de ces petits livres de vulgarisation qui, sous un titre très modeste, groupe dans un ensemble harmonieux tout ce qui a été dit au sujet d'une force étrange qu'on a nommée la *tension superficielle*.

En mettant au jour ce travail, M. Boys, le jeune membre de la Société Royale de Londres, y a réuni le fruit de ses propres recherches et les plus belles expériences de ses devanciers. Ajoutons que le traducteur de ce livre a su lui conserver son cachet particulier, sans s'astreindre cependant à reproduire scrupuleusement l'original,

Le petit ouvrage dont il est question se partage en quatre conférences. Elles entretiennent le lecteur des principales propriétés dont jouissent les membranes liquides. Ces propriétés sont mises en relief par des faits, et les charmantes expériences décrites dans ces pages en constituent le principal attrait. Quand on s'est donné la peine ou plutôt le plaisir de les reproduire, l'esprit, longtemps après les yeux, en reste tout émerveillé.

La première de ces conférences traite de la tension superficielle proprement dite. En quoi consiste cette force? Quel genre d'effets produit-elle? L'auteur l'explique, et illustre ses explications par des expériences des plus curieuses en même temps que des plus simples.

Par exemple, un pinceau maintenu dans l'eau conserve tous ses poils séparés : aussitôt qu'on le retire du liquide, on voit ces mêmes poils s'agglutiner de manière à former une pointe. Il y a maintenant comme une membrane de caoutchouc qui entoure le pinceau. Cette comparaison d'une surface liquide avec une toile élastique n'est pas sans fondement. Lorsque l'on verse lentement de l'eau sur une mince feuille de caoutchouc tendue et très flexible, celle-ci prend rigoureusement toutes les formes d'une goutte qui augmenterait peu à peu à l'extrémité d'un tube. Ce sac élastique qui soutient la goutte artificielle finirait par céder sous le poids, tout comme le mince sac liquide se déchire lorsque la goutte d'eau tombe.

Les charmantes expériences de la toile métallique qui, placée à fleur d'eau, peut résister à une poussée considérable, et celle du vase criblé de trous qui, malgré cela, ne laisse pas échapper une goutte de liquide, achèvent de donner un concept précis de la tension superficielle.

Reste à demander à la nature comment agiront ces forces, quand elles se trouveront placées dans des conditions diverses. Quelques tubes capillaires, deux plaques de verre et de petites sphères enduites de paraffine suffisent pour résoudre le problème ; et l'on constate que ces forces se traduisent à la surface des liquides par des ascensions ou des dépressions appelées capillaires, ainsi que par des dépressions latérales exercées par la tension superficielle.

Mais ces énergies qui ont leur siège dans les surfaces fluides sont-elles les mêmes pour tous les liquides? Voyons. L'eau et l'alcool donnent naissance à des gouttes de grosseur manifestement différente. Si l'on tient compte de la densité de ces deux liquides, on est amené à conclure que l'alcool possède une tension superficielle beaucoup moindre que celle de l'eau. Ce fait est encore mis en relief par une expérience pleine d'élégance. Une goutte d'alcool versée sur la surface de l'eau étalée en petite quantité au fond d'une cuvette, y suscite une tempête vraiment magique : ces deux liquides tirant chacun de toute la puissance de leur membrane élastique offrent le singulier spectacle de petites montagnes d'eau se séparant, se fuyant, et se rassemblant enfin en un plateau qui laisse désert l'espace mouillé par l'alcool.

Qui n'a observé les larmes que distillent discrètement les vins généreux sur les parois de cristal? L'évaporation rapide de l'alcool, modifiant à chaque instant sur les parois du verre la densité du vin, provoque une variation perpétuelle de force superficielle et par suite le mouvement qu'on observe.

Quelques applications terminent cette première causerie. Elles font voir comment, dans une foule de cas, on utilise sans s'en douter les propriétés élastiques de la surface de l'eau et des liquides ; comment certains insectes, les larves des cousins en particulier, savent tirer profit de ces propriétés pour pourvoir aux fonctions les plus essentielles à leur existence.

La seconde conférence n'a pas moins de charme et d'attrait que la précédente. Elle nous entretient des membranes sans pesanteur.

On y trouve entre autres choses les magnifiques expériences de Plateau et de M. Van der Mensbrugghe sur la sphère d'huile et les bulles de savon.

L'élasticité des membranes liquides, les pressions variant avec la courbure des bulles, les lois d'équilibre stable et instable des bulles étirées en cylindres, etc., sont tour à tour étudiées dans cette partie. Ce qui étonne et émerveille à la fois, c'est l'élégance des expériences d'une part, et la simplicité des appareils de l'autre. Qui aurait songé, par exemple, que le magnétisme de l'oxygène pût être démontré à l'aide d'une bulle de savon et d'un simple électro-aimant? C'est cependant ce que réalise M. Boys, et grâce surtout à ses observations, ce magnétisme mis ainsi en évidence n'est que la conséquence d'une loi d'équilibre devant se vérifier dans la bulle.

Après avoir exposé la théorie des phénomènes auxquels sont soumises les membranes, abstraction faite de leur poids, l'auteur nous invite dans une troisième conférence à considérer les modifications que subit la veine liquide sous l'empire des forces résidant dans son enveloppe, si on peut donner ce nom à la surface elle-même qui termine la veine.

Comment un filet d'eau se transforme en gouttelettes; comment prennent naissance les gouttes visqueuses qu'on observe sur une toile d'araignée; comment enfin un jet d'eau dispersé se rassemble instantanément en une seule veine sous l'influence d'un bâton de cire électrisé : tels sont les curieux phénomènes étudiés dans cette partie. Une théorie de ces faits, et quelques expériences complémentaires achèvent de jeter la lumière sur ces importantes conséquences de la tension superficielle. Le conférencier termine en exposant comment une application des jets musicaux a fourni à M. Chichester Bell l'invention d'un microphone d'un nouveau genre.

Enfin la quatrième conférence reprend certaines particularités propres aux bulles de savon : ces bulles sont perméables aux gaz; elles peuvent être pressées assez fortement les unes contre les autres sans se toucher et n'offrir qu'un contact apparent; mais le voisinage d'une trace d'électricité suffit pour les souder aussitôt.

Dans le cours des expériences qui font voir ces propriétés, l'auteur a vaincu avec une grande aisance des difficultés qui semblaient dès l'abord insurmontables. Ainsi gonfler deux et même trois bulles les unes à l'intérieur des autres devient un jeu par le procédé de M. Boys. Du reste, faites dans certaines conditions, les expériences prennent un éclat surprenant.

Là s'arrêtait l'intéressante brochure du jeune savant anglais. Après l'avoir lue, on se rend ce témoignage que le temps consacré à l'étudier n'a pas été un temps perdu.

La traduction française de ce petit livre présentée au public par M. Guillaume, est suivie de quelques indications relatives aux expériences décrites. On est trop heureux quand on expérimente de pouvoir s'épargner les tâtonnements, pour trouver matière à reproche dans l'abondance des détails. Ceux-ci sont au contraire un utile appoint.

Quant aux notes sur les tourbillons du camphre, l'action de l'huile sur les vagues, etc., placées en appendice par le traducteur, on peut dire qu'elles avaient leur place naturelle dans un livre qui parle des forces superficielles.

Ce qui vient d'être dit montre assez que ce petit ouvrage sera lu avec fruit non seulement par les physiciens, mais encore par tous ceux qui sont curieux des choses de la nature et des forces cachées qu'y a déposées le Créateur.

V. B., S. J.

XII

Le Doute suprême, par E. Chesnel. — Un vol. in-12 de xv-286 pp. — 1892, Paris, Victor Retaux.

Ce titre, *Le Doute suprême*, que ne complète aucun sous-titre explicatif, ne donne pas, au premier abord, l'idée nette et précise du sujet que traite l'auteur. Il est exact cependant, sinon complet. Le " doute suprême, „ c'est ce désolant scepticisme qui va jusqu'à mettre en question l'existence de Dieu même. Et le but que s'est proposé l'auteur, c'est précisément de combattre ce scepticisme, ce doute, et de le combattre par la science, par ses données les plus récentes, par ses théories les plus plausibles. En sorte que la conclusion qui se présente d'elle-même à l'esprit, après la lecture du livre, c'est que non seulement, entre la science et la foi aucun dissentiment véritable ne peut exister *(nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest)*, mais encore que la science vraie, la science sérieuse et solide peut être, au contraire, un auxiliaire puissant pour la démonstration tout au moins de la vérité spiritualiste, fondement de la foi.

L'auteur commence par prouver à un interlocuteur supposé, qui est un sceptique, mais en même temps un de ces esprits sincères comme il y en a beaucoup, que la certitude est possible,

qu'elle existe et qu'elle repose sur certaines vérités fondamentales non susceptibles de démonstration parce qu'elles sont l'évidence même et qu'elles s'imposent à l'esprit. Exemple : le principe de causalité, d'après lequel nous ne concevons même pas qu'un phénomène, un fait quelconque, puisse avoir lieu sans qu'une cause l'ait produit.

Ce point admis, l'auteur fait envisager à l'adversaire l'ensemble de la nature, dont l'existence, qui nous est révélée par les sens, nous est attestée par la raison. Et remontant la chaîne des causes secondes, il arrive à la nébuleuse primitive de Laplace, étendue à l'univers cosmique tout entier, laquelle, en vertu de la loi d'inertie, n'a pu entrer en mouvement, n'a pu commencer la série d'évolutions qui a conduit le monde inorganique à l'état actuel, que par une ou plusieurs impulsions provenant d'une cause extérieure. Elle-même, cette masse nébulaire d'une rareté extrême, n'a pu se donner l'être ; il faut, en dehors et au-dessus d'elle, une cause qui l'ait produite.

« Rien ne se crée, rien ne se perd » dans la nature, a dit, après démonstration, notre grand Lavoisier. L'énergie totale de l'univers est constante, ont dit Meyer, Joule, Hirn, etc. ; et plus récemment Clausius et William Thomson ont constaté la loi de la marche de l'énergie vers un état d'équilibre final. D'où résulte cette vérité établie aujourd'hui scientifiquement, à savoir que l'univers a eu un commencement et qu'il aura une fin; puisqu'il a eu un commencement, puisqu'il n'a pas toujours existé, il faut donc qu'une cause souveraine, une cause créatrice l'ait produit.

Mais ce que l'induction tire rigoureusement de l'existence de l'univers sidéral en tant que création inorganique, elle le retrouve avec une force égale dans le fait de l'origine et de la conservation de la vie sur notre sphéroïde. L'auteur a facilement raison du système Haeckélien qui veut que la monère initiale soit sortie spontanément du jeu des éléments inorganiques, en s'appuyant sur cette seule et unique raison que si l'on n'admet pas cette formation *per se* du premier germe vivant, il faut nécessairement admettre sa création par un être supérieur, ce que le système repousse. N'est guère moins déraisonnable l'hypothèse de germes organiques venus d'autres mondes, charriés à travers les espaces interplanétaires et tombés sur notre planète; car, sans parler des impossibilités physiques, mécaniques et physiologiques que rencontre une telle hypothèse, elle ne résoudrait pas, supposée possible, la difficulté. Car enfin, ces germes échappés des mondes sidéraux, comment s'y seraient-ils

formés ? et nous retombons dans l'alternative posée par Haeckel lui-même : où ils se sont formés tout seuls, la vie ayant surgi, spontanément et sans cause, du règne minéral ; ou ils ont été créés par une puissance supérieure, ce que le professeur d'Iéna appelle " le miracle. „

Il y a autre chose encore. L'existence et la formation de l'univers n'impliquent pas seulement une cause efficiente, initiale. Dans l'ensemble comme dans le détail de cet univers, il existe une extrême harmonie; tous les phénomènes, mieux encore, toutes les séries des phénomènes de la nature, concourent à des buts nettement déterminés et en rapport exact avec leur objet. Ainsi le Soleil, par la loi de gravité universelle, maintient la Terre à une distance de lui qui ne varie que dans d'étroites limites, jamais franchies ; par sa chaleur et sa lumière, il provoque et entretient la vie sur elle, règle la circulation atmosphérique de l'air et des eaux. La végétation couvre le sol d'une parure verdoyante et fleurie, retient les terres instables sur le penchant des montagnes, sert à l'alimentation du règne animal, qui lui-même, par décomposition cadavérique et par déjections, restitue au sol ce qu'il lui a pris sous forme de nourriture végétale. L'homme enfin, par l'art et l'industrie, complète et embellit l'œuvre de la nature ; et quand s'offre à nos regards un monument, une statue, une machine ingénieuse, nous concluons aussitôt à l'architecte, au sculpteur, au mécanicien, qui ont façonné et disposé des matériaux divers en vue de réaliser une machine, une statue, un édifice, lesquels étaient le but, la cause finale des travaux qu'ils ont accomplis.

Semblablement, l'ordre qui règne dans la nature, l'appropriation des phénomènes qui s'y manifestent à des buts nettement déterminés, nous révèlent la *cause finale* des objets et des faits dont l'univers est le théâtre permanent.

Passons sur une partie du livre, fort digne d'attention cependant, mais d'un caractère plutôt philosophique que scientifique au sens strict du mot, et où l'auteur expose et développe les principaux attributs de Dieu. Où il rentre pleinement sur le terrain exactement scientifique, c'est quand, revenant aux *êtres vivants*, il résume, d'après les Claude Bernard, les Chevreul, les Chauffard, les Maisonneuve, les Duclaux, les grandes lignes de la physiologie végétale et animale. Puis, passant à la vie humaine, et puisant ses arguments aussi bien parmi les adversaires comme MM. Topinard, Charles Richet, Mathias Duval, Paul Bert, Taine, Fouillée, que parmi les savants spiritualistes tels que

MM. le Dr Surbled, l'abbé Farges, Rabier, Paul Janet, Duilhé de Saint-Projet, etc., il expose le mécanisme de la vie humaine, les rapports de l'organisme avec l'esprit qui l'anime, l'informe et le vivifie, la supériorité de nature de l'âme humaine, spirituelle, raisonnable et libre, dont l'intelligence s'élève au-dessus des sensations et des organes, les dépasse, s'exerce sans eux et leur survit, sur l'âme animale, bornée aux opérations des instincts et de la connaissance sensible et qui, dépendante des organes, condition essentielle de son existence, périt et disparaît avec eux.

De là il est amené à aborder le sujet avant tout philosophique du problème du mal et de la vie future, par lequel se clôt ce petit volume qui, par son format commode et sa lecture facile, sera d'un précieux concours aux esprits sincères, plus ou moins troublés par les affirmations aussi tranchantes que dénuées de preuves de la science matérialiste.

JEAN D'ESTIENNE.

XIII

VOYAGE AU MONT ARARAT, par JULES LECLERCQ, président de la Société royale belge de géographie, membre collaborateur de la Société impériale russe de géographie. — Paris, librairie Plon, E. Plon, Nourrit et Cie. — In-12°, 328 pp.

Nous n'avons plus à faire l'éloge de l'auteur de ce livre. Il y a beau temps que M. Jules Leclercq a conquis, parmi les géographes de l'époque, une place hors de pair. Voyageur intrépide ne reculant ni devant la fatigue, ni le danger, écrivain à la touche délicate pour rendre les multiples impressions des spectacles variés de la nature et les péripéties palpitantes des aventures du touriste, enfin, ce qui vaut mieux, lettré d'une érudition très étendue et toujours puisée aux sources, le savant président de la Société belge de géographie fait briller, dans les œuvres déjà nombreuses qu'il a fournies à la science, un ensemble de qualités précieuses que l'on rencontre trop rarement réunies.

Dans le nouvel ouvrage dont M. Jules Leclercq vient d'enrichir la littérature des voyages, on les retrouvera plus vivantes que jamais. Aussi bien, lui-même l'avoue, nulle excursion ne le tenta jamais plus que celle dont il nous présente le récit. Elle fut pour

lui " le supplice de Tantale; „ bien plus, qui le croirait, il fut deux ans " tourmenté par la nostalgie de l'Ararat „, dont le nom le fascinait " comme un son magique. „

Commencée avec pareil enthousiasme, cette expédition ne fut pourtant que " l'amère épreuve d'un désir inassouvi et d'une présomptueuse entreprise déjouée. „ Le hardi explorateur se vit à deux doigts de la mort, et il ne put, moins heureux que d'autres dont les lauriers hantaient ses rêves, atteindre la cime de l'Ararat, dont il lui fallut redescendre " avec le regret de Moïse sur la montagne. „

A ce simple aperçu de la tentative de M. Leclercq, les friands de récits dramatiques ont déjà entrevu l'intérêt que leur réserve cette histoire de l'ascension de l'Ararat. De vrai, eux ne seront point déçus, et le livre les sert à souhait. Mais, on le conçoit, pour nous l'intérêt du *Voyage au mont Ararat* n'est point là, et s'il n'y en avait point d'autre, nous n'aurions point osé présenter cet ouvrage aux lecteurs d'une revue savante.

Laissons donc les aventures et parlons des choses que M. Leclercq nous apprend tout le long de sa route. Aux ethnographes il faut signaler les pages sur les Malokans (pp. 13-14), l'étude approfondie sur les Kourdes (pp. 201-217) et les Iésides (pp. 217-222), et les curieux aperçus sur les Arméniens (pp. 280-287). On lira avec très grand intérêt le chapitre intitulé : *Un peuple sans patrie* (pp. 288-298); c'est l'histoire, esquissée à larges traits sans doute, mais exacte jusque dans les derniers détails, de la dispersion des fils de Haïk. La question arménienne, c'est-à-dire la triste situation des Arméniens dans l'empire ottoman, inspire à M. Leclercq des pages émues, où, sans méconnaître une part de vérité dans certaines appréciations peu favorables aux Arméniens, il rétablit les responsabilités de chacun et demande qu'à l'oppression présente succède enfin l'ère de la justice.

Mais revenons à l'Ararat. Avant d'y monter, il faudra lire les pages brillantes dans lesquelles M. Leclercq décrit la " vision de l'Ararat, „ une des plus grandioses apparitions dont il lui ait été donné de jouir dans sa vie de voyageur.

Au chapitre suivant, l'érudit a remplacé le poète et nous donne une dissertation très complète sur la question traditionnelle de l'arrêt de l'arche de Noé sur l'Ararat.

Les naturalistes trouveront d'intéressants détails sur la flore et la faune de l'Agri dagh dans le chapitre VIII. D'origine volcanique, l'Ararat ne semble cependant avoir eu aucune éruption

dans les temps historiques, si l'on excepte la catastrophe qui en 1840 détruisit le beau village d'Arguri avec le vieux couvent de Saint-Jacques.

Jusqu'en ce siècle, la montagne de Noé passait pour être inaccessible, et les Arméniens ont tout fait pour perpétuer cette légende. Toutefois, il faut bien l'avouer, si l'Ararat n'est pas absolument infranchissable, son ascension présente de très grandes difficultés. Sans parler des dangers que prépare le mauvais vouloir des Kourdes, il y a la distance énorme de la base à la cime, la difficulté de franchir les coulées de lave, la raréfaction de l'air et le froid excessif. M. Leclercq refait l'histoire des explorations de l'Ararat depuis celle de Parrot en 1829 jusqu'à celle de Markov en 1888. Puis il raconte la sienne. Le hardi voyageur fut vaincu par le mal des montagnes, et il dut s'arrêter à l'altitude de 4760 mètres. Il lui restait seulement 440 mètres environ pour atteindre le point culminant.

Nous avons donné une idée succincte du beau livre de M. Leclercq; mais nous l'avons malheureusement décoloré par cette sèche analyse. Le lecteur voudra faire davantage et se rendre compte par lui-même des vivantes impressions de cet intéressant et instructif récit de voyage.

J. G.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ANTHROPOLOGIE.

L'époque glaciaire; ses causes. — La recherche des causes qui déterminèrent les grands phénomènes glaciaires des époques tertiaire et quaternaire exerceront longtemps encore la sagacité des géologues. M. Stanislas Meunier pense qu'on en trouvera l'explication définitive dans les causes actuelles. S'il n'y a plus de glaciers dans les Vosges, c'est, dit-il, que ces montagnes s'étant abaissées par l'effet des érosions dues aux glaciers quaternaires, ont fini par ne plus atteindre l'altitude nécessaire à l'entretien des glaciers. Ainsi, dans les Alpes, les glaciers ont pénétré dans les massifs rocheux à la manière d'une scie entrant dans une pièce de bois (1).

M. Henri Lasne (2) suppose qu'aux temps géologiques qui ont précédé l'époque quaternaire, notre planète était enveloppée d'une atmosphère épaisse qui isolait sa surface et la protégeait contre le rayonnement direct. Au début de l'époque quaternaire, cet état de choses se serait modifié brusquement par une déchirure qui s'ouvrit au pôle dans le voile nuageux et se propagea rapidement. La surface terrestre pouvait rayonner librement

(1) Académie des sciences de Paris, séance du 7 décembre 1891.
(2) Annuaire de la Société météorologique de France, 1891.

vers les espaces célestes. Un refroidissement notable s'ensuivit, accompagné de précipitations abondantes sous la forme de pluie et de neige. La température encore élevée des eaux marines favorisait l'évaporation. — Cette ingénieuse théorie n'explique pas les périodes glaciaires successives.

Glaciers éocènes en Suisse (1). — Le flysch est une formation marine datant de l'éocène supérieur, constituée par des grès et des brèches où l'on trouve des blocs énormes. Elle s'étend tout le long des Alpes, et paraît devoir son origine, d'après M. Renevier, à des glaciers éocènes qui descendaient, comme ceux du Groenland, dans des fjords de la mer du flysch. Le savant géologue pense que les glaciers des Alpes restèrent confinés dans la région montagneuse jusqu'à l'époque pliocène. C'est alors seulement qu'ils envahirent les plaines. Les oscillations constatées sur leurs limites extrêmes n'ont laissé aucune trace dans l'intérieur des massifs alpins, qu'ils paraissent avoir occupé d'une manière plus ou moins stationnaire.

Les glaciers actuels (2). — M. Rabot a pénétré sous une des branches du glacier Svartis, en Laponie, et y a recueilli des observations intéressantes. La moraine profonde renferme uniquement des matériaux provenant de la surface, par les crevasses. Il n'y a pas de pierres arrachées par la glace en mouvement au sol sur lequel elle chemine. Les moraines renferment non seulement des blocs anguleux, mais des cailloux roulés en abondance. Les glaciers ne creusent pas le sol; ils refoulent seulement les dépôts meubles de la surface, dans leurs mouvements de progression.

L'homme et les volcans d'Auvergne (3). — MM. Paul Girod et Paul Gautier ont annoncé à l'Académie des sciences la découverte, dans la carrière de la Brenne, qui s'enfonce sous le flanc E. N. E. du volcan de Gravenoire, d'un squelette humain situé dans une couche non remaniée de cendres noires à $5^{m},80$ de profondeur. On rappellera peut-être, à cette occasion, l'opinion

(1) Renevier, *Monogr. des Hautes-Alpes Vaudoises.*

(2) Association française pour l'avanc. des sciences, session de Limoges 1890.

(3) Revue mensuelle de l'École d'anthrop. de Paris, 1re année, 15 juillet 1891, p. 223.

de quelques auteurs qui, s'appuyant sur des textes de Sidoine Apollinaire et de saint Avit, prétendent que les volcans d'Auvergne étaient encore en pleine activité au ve siècle de notre ère. M. Salomon Reinach a montré que ces textes avaient été mal traduits, et qu'il n'est question ni dans l'un ni dans l'autre d'éruptions volcaniques, mais des fréquents incendies qui ensevelissaient sous une montagne de cendres les sommets branlants des maisons, *caducas culminum cristas.* Concluons, avec M. Reinach, que les éruptions volcaniques du ve siècle sont un roman géologique dont Sidoine Apollinaire n'est pas l'auteur (1).

L'Homme tertiaire américain (2). — M. le Dr Trouessart, après avoir passé en revue, dans un substantiel mémoire, ce qui a été publié sur les singes fossiles du nouveau et de l'ancien continent, constate que l'histoire paléontologique des primates a fait depuis quelques années des progrès considérables et qui jettent un grand jour sur l'évolution de ces mammifères. Mais les nombreux documents mis au jour ne nous apprennent rien sur l'origine de l'homme et l'époque de son apparition à la surface du globe.

L'Amérique méridionale, et particulièrement le sud du Brésil et le territoire Argentin sont au nombre des pays les plus riches en débris de l'homme primitif. On a trouvé l'homme quaternaire dans les cavernes de Somidouro, au Brésil, à Cordoba, dans la vallée de Rio Negro (République Argentine).

On a recueilli des traces de l'homme dans des couches plus anciennes encore, que MM. Doering et Ameghino considèrent comme pliocènes et même miocènes. Ce sont d'abord des dents humaines, associées à des ossements d'animaux travaillés et brûlés, à des traces de foyers et à des fragments de terre cuite, provenant de l'étage ensenadien ou pampéen, qui serait le pliocène inférieur de M. Ameghino.

A Monte Hermoso, dans l'étage araucanien, que M. Doering rapporte au miocène, on a rencontré le squelette fossile d'un *Macrauchenia antiqua,* dont un des os est pénétré par un éclat de quartz qui paraît taillé intentionnellement. Sur ce document unique, on a érigé l'hypothèse de l'homme miocène américain.

M. Steinmann, professeur à l'université de Fribourg, com-

(1) Revue archéologique, 1891.
(2) L'Anthropologie, 1892, p. 257.

parant la géologie de l'Amérique du Sud à celle de l'Europe et de l'Amérique du Nord, a contesté ces déterminations géologiques.

Le sub-pampéen ou miocène supérieur de M. Ameghino représenterait la dernière période glaciaire, c'est-à-dire le quaternaire récent.

Le pampéen (pliocène de M. Ameghino) serait l'équivalent du loess interglaciaire de l'Europe.

L'araucanien (miocène de MM. Doering et Ameghino) correspondrait à la grande période glaciaire.

La comparaison des faunes mammalogiques, si bien étudiées par M. Ameghino, confirme ces conclusions de M. Steinmann. En effet, entre la faune de la formation patagonienne (oligocène) et celle de la formation araucanienne, on constate une différence plus tranchée que celle qui devrait exister entre deux périodes se suivant d'aussi près, si l'araucanien représentait réellement le miocène.

D'après M. Steinmann, les périodes glaciaires de l'Amérique du Sud seraient contemporaines de celles de l'Europe.

Le terrain quaternaire du Nord (1). — M. Ladrière a publié dans les *Annales de la Société géologique du Nord* de belles études stratigraphiques sur le terrain quaternaire du nord de la France et de quelques parties limitrophes de la Belgique. Elles embrassent la Hesbaye, les environs de Tournai, les collines des Flandres, la région comprise entre la Sambre et l'Escaut, le plateau de la Sambre, la vallée de l'Oise, le pays entre l'Escaut et la Somme, les vallées de la Somme et de la Seine. On peut juger par cette énumération de l'étendue et de l'importance des recherches de M. Ladrière. Ne pouvant analyser un si grand nombre d'observations, je me contenterai de résumer les conclusions de l'auteur.

Le terrain quaternaire du nord de la France présente, d'après M. Ladrière, trois périodes de formation. Chacune de ces périodes est formée par une série de dépôts, qui constituent trois assises géologiques, séparées par une discordance de stratification.

L'assise supérieure renferme de haut en bas : un limon brun rougeâtre ; un limon fin jaune d'ocre, qui est l'ergeron des géologues belges ; un lit de gravier formé de silex éclatés, de galets tertiaires. On trouve parfois à ce niveau des silex taillés du type *moustérien*.

(1) Annales de la Soc. géolog. du Nord. T. XVIII, p. 93, et t. XIX, p. 339.

L'assise moyenne commence par un limon gris à succinées; au-dessous on rencontre, quand la série est complète, un limon fendillé, puis un limon doux jaunâtre; un limon grisâtre panaché de veines jaunes; puis, à la base, une couche de gravier formée de galets tertiaires, de silex éclatés et usés; d'autres assez volumineux, peu roulés. On y voit, à l'état remanié, des débris d'*Elephas primigenius*, d'*Hyæna spelæa*, etc.

L'assise inférieure est formée d'abord de limon noirâtre, tourbeux, à succinées, puis de glaise verdâtre ou bleue, avec débris de végétaux, silex éclatés et succinées; vient ensuite un sable grossier, argileux, verdâtre, renfermant quelques éclats de silex; puis à la base, le gravier inférieur formé de sable grossier et de blocs assez volumineux de roches provenant des bassins des cours d'eau. C'est le gisement ordinaire de l'*Elephas primigenius* et du *Rhinoceros tichorhinus*. On y trouve parfois des instruments chelléens.

Telle est la succession des couches observées par M. Ladrière quand les dépôts sont complets, ce qui est assez rare. Forment-elles réellement trois niveaux stratigraphiques distincts, comme le pense l'auteur? M. d'Acy a formulé déjà, dans la *Revue* (1), des réserves auxquelles je m'associe tout à fait. L'assise moyenne ne diffère pas sensiblement de l'assise inférieure. Elle est formée surtout d'argile à succinées, qu'on retrouve au sommet de l'assise inférieure. La mince couche de gravier qui les sépare peut être un simple accident de stratification. La faune de l'assise inférieure, où l'on trouve l'*Elephas primigenius* et le *Rhinoceros tichorhinus*, ne représente pas le quaternaire le plus ancien caractérisé par l'Éléphant antique et le Rhinocéros de Merck. Dans la vallée de la Somme, dans celle de la Seine, il y a un quaternaire plus ancien que celui qu'a signalé M. Ladrière. On y trouve mêlés les types chelléens et moustériens. On ne peut pas dire par conséquent que l'un de ces types soit plus ancien que l'autre. Enfin les discordances de stratification n'indiquent pas nécessairement deux époques différentes. Elles peuvent résulter de simples variations dans le débit des cours d'eau.

Dans une note plus récente *Sur la constitution géologique du terrain quaternaire des environs de Mons* (2), M. Ladrière établit que l'assise inférieure à Quiévy, l'assise moyenne à Spiennes,

(1) Numéro de juillet 1891, p. 139.
(2) Bulletin Soc. géol. du Nord, t. XX, p. 22.

l'assise supérieure à Mesvin, renferment les mêmes types de silex taillés. A Mesvin, l'assise supérieure renferme en outre la forme que M. Ladrière donne ailleurs comme caractéristique de l'assise inférieure. D'ailleurs l'auteur ajoute : " Comme je ne m'occupe guère que de stratigraphie, je reconnais volontiers que les documents, silex taillés et débris d'animaux que j'ai recueillis moi-même dans les tranchées, sont encore insuffisants pour décider d'une façon certaine si mes assises, dont l'existence ne peut être mise en doute, ont également leur forme et leur industrie particulière. Ainsi se trouvent justifiées les réserves de M. d'Acy.

Les inondations de l'Ardèche (1). — M. Boule a mis en lumière les effets de simples variations dans le régime des cours d'eau, en décrivant ce qu'il a vu dans la vallée du Lignon (Ardèche) après une grande inondation. La pente du cours d'eau est de 16 millimètres par mètre. Entre la Souche et Jaujac, tout le fond de la vallée a été rempli par une formation alluviale de plus de 10 kilomètres de long, sur une largeur de 100 à 400 mètres. Cette alluvion est constituée, suivant les points, par du sable, du gravier, des blocs roulés, dont quelques-uns atteignent des dimensions colossales. L'un d'eux aurait cinq mètres de long et 2 mètres dans les deux autres dimensions, soit 20 mètres cubes. " Sur une même coupe, dit M. Boule, on peut voir une telle différence entre les diverses couches, au point de vue de la grosseur des éléments, qu'un géologue ignorant courrait le risque d'invoquer des régimes climatériques différents; d'autant plus qu'il observerait des ravinements de couches les unes par les autres, qui lui rappelleraient ces ravinements auxquels d'habiles préhistoriens font jouer un si grand rôle dans les gisements classiques des vallées de la Somme et de la Seine. „ Tout cela est cependant le résultat d'une seule crue.

Le quaternaire moyen en Belgique (2). — Il existe depuis longtemps au muséum d'histoire naturelle de Bruxelles des ossements d'Éléphant antique, de Rhinocéros de Merck et d'Hippopotame, provenant des travaux militaires d'Anvers. Mais le gisement de ces ossements, qui appartiennent au quaternaire moyen et inférieur, n'avait pas été déterminé scientifiquement, et jusqu'à présent les alluvions quaternaires connues en

(1) L'Anthropologie, t. I, 1890, p. 766.
(2) Annales de la Soc. géolog. de Belgique, t. XVIII. Bulletin, 1891.

Belgique s'arrêtaient au niveau de l'*Elephas primigenius,* qui est plus récent et représente le quaternaire supérieur. M. Delvaux a donc comblé une lacune importante dans le quaternaire belge en signalant l'*Elephas antiquus* dans les alluvions de Mesvin. Ces alluvions, formées de sables éocènes remaniés, supportent le quaternaire à *Elephas primigenius.* Elles renferment des silex grossièrement taillés que M. Mourlon a fait connaître sous le nom de types mesviniens. C'est l'équivalent stratigraphique du chelléen français ou quaternaire moyen.

La grotte de Chéna (1). — Cette grotte, située à 9^{m}, 50 d'altitude au-dessus de la Méhaigne, a fourni à M. Tihon, son habile explorateur, une stratigraphie intéressante où l'on a relevé six niveaux successifs. La zone inférieure renfermait la faune du quaternaire supérieur : Cheval, Hyène, *Bos primigenius,* Mammouth, Rhinocéros, Ours, et silex taillés du type chelléen. Au-dessus les fouilles ont mis au jour deux pointes moustériennes et différents outils en silex. A la surface, on a rencontré le néolithique.

Le remplissage des cavernes (2). — Les géologues anciens ont exprimé des vues assez différentes sur le mode de remplissage des grottes à ossements. Mais ils sont à peu près d'accord pour faire jouer un grand rôle aux courants diluviens, ou tout au moins aux grandes inondations. M. Boule, s'appuyant sur ses observations personnelles dans les grottes de Reilhac, de Lherm, de Malarnaud, de Gargas, de Mas d'Azil, a combattu cette théorie avec d'excellents arguments. Si l'on trouve parfois dans les cavernes des dépôts d'origine alluviale, ils sont le plus souvent stériles et parfaitement distincts des dépôts ossifères. Ceux-ci doivent leur origine à une formation lente. Ils proviennent d'apports extérieurs, superficiels, sous l'influence du ruissellement, et constituent l'argile à blocaux, plus récente que les dépôts véritablement alluviaux, qu'elle ravine fortement. Cette argile, qui a pénétré lentement dans les grottes, par les fentes et les fissures, est du même âge que la grande masse du lœss.

Gisement quaternaire en Bretagne (3). — Les gisements quaternaires sont extrêmement rares en Bretagne. M. Halna du

(1) Bullet. Soc. d'anthropologie de Bruxelles, t. IX. 1890-91.

(2) Boule. *Notes sur le remplissage des cavernes.* L'Anthropologie, 1892, p. 19.

Fretay a découvert, près du moulin de Keramouster-en-Gengat (Finistère), un gisement de quartzites où se trouvent des formes analogues à celles du Moustier et de Saint-Acheul.

Les crânes néolithiques des cavernes d'Hastières (1). — Les ossements néolithiques des cavernes d'Hastières, étudiés par M. Houzé, présentent des indices céphaliques compris entre 71 et 88, ce qui est une preuve certaine de métissage. On y trouve, en effet, soit des crânes néanderthaloïdes, soit des individus appartenant à la race de Cro-Magnon. Mais c'est la race de Furfooz qui domine. La population actuelle d'Hastières est très mêlée et renferme soit des dolichocéphales blonds, soit des brachycéphales bruns, ces derniers sur les plateaux et les premiers dans les vallées.

La néphrite et la jadéite en Europe (2). — La provenance des hachettes polies en néphrite et en jadéite, fréquentes dans les stations néolithiques, est, comme l'on sait, très discutée. Suivant MM. Desor et Fischer, ces objets auraient été importés d'Orient. M. Bahnson, se ralliant à l'opinion de MM. Damour, Hochstetter, Meyer, etc., les considère comme d'origine européenne et produit les meilleurs arguments en faveur de cette manière de voir. Les aires de répartition des objets en jadéite et en néphrite sont distinctes en Europe. Les hachettes en jadéite ont une forme caractéristique en France et dans l'ouest de l'Allemagne. On a recueilli dans les lacs de Constance et de Neuchâtel des éclats de néphrite, qui prouvent que cette roche a été travaillée sur place. En Asie comme en Europe, la répartition des objets en néphrite et en jadéite varie suivant les régions. Enfin la néphrite d'Europe diffère chimiquement de celle d'Asie. L'hypothèse d'une importation en Europe n'est donc plus admissible.

L'étain celtique (3). — M. Salomon Reinach vient de proposer une hypothèse nouvelle au sujet du mot κασσίτερος, qui est le nom grec de l'étain. On admet généralement que les îles Cassitérides étaient ainsi nommées parce qu'elles produisaient l'étain, dont le vocable grec κασσίτερος viendrait de quelque langue orientale,

(1) Bullet. Soc. d'anthrop. de Bruxelles, t. VIII, 1890.

(2) K. R. Bahnson. *Les Objets de néphrite et de jadéite de l'Europe*. Mém. Soc. royale des antiquaires du Nord, 1889, pp. 413-426.

(3) L'Anthropologie, 1892, p. 275.

comme le sumérien ou le sanscrit. Mais l'étain n'aurait-il pas au contraire tiré son nom de celui des îles Cassitérides? On sait en effet que plusieurs métaux, le cuivre, le bronze, l'argent ont reçu le nom du pays producteur.

En comparant les textes d'Ézéchiel, d'Hérodote, de Strabon, où il est question du commerce de l'étain, M. Reinach établit que les îles Cassitérides ne peuvent être que l'Angleterre. L'étain arrivait de Cornouailles en Espagne et plus tard à Marseille par l'intérieur de la Gaule, puis il était dirigé sur la Phénicie.

Les progrès des études linguistiques ont fait renoncer successivement à chercher l'étymologie du mot κασσίτερος soit dans le grec, soit dans le sanscrit, soit dans le sumérien. M. Reinach, s'adressant aux langues occidentales, est amené à penser, par une série de déductions ingénieuses, que le mot Cassitéride appartient peut-être à un idiome celtique. Les îles Cassitérides voudraient dire les îles lointaines, extrêmes. En effet, Timogène les appelle *insulæ extimæ*. Virgile n'a-t-il pas dit aussi :

Et penitus toto divisos orbe Britannos.

Il y aurait plusieurs conséquences à tirer de cette hypothèse.

La première est que les Phéniciens, dès le VIIIe ou le IXe siècle avant J.-C., auraient trouvé dans la Gaule occidentale des hommes parlant une langue celtique, conclusion contraire aux idées généralement reçues. « Ainsi tomberait, dit M. Reinach, un des arguments au nom desquels on refuse aux Celtes l'érection des monuments mégalithiques. On en conclurait aussi, malgré le crédit des hypothèses contraires, que tout l'étain méditerranéen, à l'époque de la grande navigation phénicienne, provenait de pays celtiques. » Il pénétrait même dans l'Inde, et l'on viendrait à se demander si les origines mêmes de la métallurgie ne devraient pas être cherchées dans l'Europe occidentale.

Il est bien possible, en effet, que la connaissance de l'étain et du bronze soit aussi ancienne dans l'Europe occidentale qu'en Asie. Mais d'après ce que l'on sait des anciennes civilisations, il semblerait que la métallurgie du bronze, au lieu de commencer sur un point unique, aurait eu plusieurs centres de dispersion indépendants, l'Europe, l'Asie antérieure et septentrionale, la Chine, etc. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de dire où elle est la plus ancienne. Dans tous les cas, l'hypothèse de l'origine exclusivement asiatique de l'étain dans la haute antiquité est très fragile, et M. Reinach a bien rendu à

l'étain celtique la place que le témoignage des anciens aurait dû suffire à lui assurer. Cette thèse n'est pas nouvelle; mais elle avait besoin d'être confirmée par de bonnes raisons.

L'origine du fer en Égypte (1). — M. Maspero croit retrouver dans les mythes d'Horus l'histoire de l'introduction du fer en Égypte. Le Dieu épervier d'Edfou, Harhouditi, avait pour le servir une troupe d'individus que les textes égyptiens appellent *masniou,* ce qui signifie forgerons. Les masnious sont représentés plusieurs fois dans les bas-reliefs d'Edfou. Ils sont armés d'un poignard et d'une javeline. Ils s'intitulent les ouvriers d'Horus, les piquiers du sire d'Edfou, les braves porteurs de poignards d'Horus, qui se jettent pour achever ses ennemis, dont les javelines portent et percent, etc. Leur caractère de soldats n'est pas douteux. C'était une compagnie de piquiers, à l'époque où le texte d'Edfou fut gravé. Partout ailleurs qu'à Edfou les masnious ou masnitious étaient des fondeurs, des graveurs, des ciseleurs sur métaux.

Dans la légende d'Horus, qui remonte aux siècles antérieurs à l'histoire positive, le dieu est entouré d'une corporation d'ouvriers en métaux, qui ont pour mission, non pas de garder le dieu, mais de travailler de leurs mains pour son culte. Horus est le seul dieu qui ait ses forgerons à son service. Partis du sud de l'Égypte, ils sont remontés ensuite vers le nord.

Or on sait par les voyageurs que les forgerons forment encore actuellement dans l'Égypte équatoriale une caste pourvue de privilèges inviolables. Les chefs en ont toujours auprès d'eux un ou plusieurs, dont ils font leurs compagnons, leurs conseillers et leur escorte continuelle. Il y en a qui, de père en fils, n'ont jamais forgé.

M. Maspero, frappé de ce parallélisme entre la condition des ouvriers métallurgistes d'Horus et celle des forgerons africains, suggère qu'on pourrait se représenter Horus comme étant au début le chef et le dieu d'une tribu travaillant le métal ou plutôt le fer; car Horus est bien réellement un dieu de fer. Il est muni de la pique de fer. Il est la personnification du firmament, que les textes appellent le toit de fer.

M. Maspero conclut que la légende d'Harouditi conquérant l'Égypte avec les masnious serait peut-être l'écho lointain d'un fait réel : l'irruption en Égypte de tribus connaissant et

(1) L'Anthropologie, t. II, 1891, p. 401.

employant le fer, ayant parmi elles une caste de forgerons et apportant le culte d'un dieu belliqueux. Les forgerons auraient perdu peu à peu leur privilège pour se fondre dans le reste de la population. « A Edfou et dans les autres villes où l'on pratiquait le culte de l'Horus d'Edfou, ils auraient conservé un caractère sacré et se seraient transformés en une sorte de domesticité religieuse, les masnious du mythe d'Horus, compagnons et secrétaires du Dieu guerrier. »

La transformation du crâne animal en crâne humain (1). — Partisan de l'évolution, M. le Dr Topinard devait chercher à montrer, organe par organe, comment a pu se produire la transformation de l'animal en homme. L'étude comparée de la forme et du volume du crâne dans la série animale n'est qu'un des chapitres de cette histoire. Il y a deux facteurs à considérer dans l'organe cérébral : le volume et les circonvolutions. Le développement de la boîte crânienne dépend seulement du volume du cerveau, qui augmente progressivement chez les vertébrés depuis les poissons jusqu'aux primates et à l'homme. Presque nul chez le crocodile, dont la face est énorme, le crâne occupe chez l'homme les trois quarts de la tête. M. Topinard voit dans ce fait la caractéristique suprême de l'homme. Le volume de son cerveau, considéré comme signe tangible du perfectionnement de cet organe, est le caractère physique qui mesure le mieux la distance séparant l'homme de l'animal. La forme initiale du crâne est allongée. Le crâne humain était dolichocéphale aux âges les plus reculés de l'époque quaternaire. La forme arrondie est un perfectionnement.

M. Topinard étudie, d'après des coupes disposées en série et conduisant graduellement au type humain, le mécanisme de ce développement. Il passe successivement en revue les rapports généraux de la face avec le crâne; les cavités cérébrale et cérébelleuse; les parois extérieures; la cloison de séparation du crâne et de la face. « En résumé, conclut-il, tous les changements que nous avons constatés dans la configuration du crâne et de la face, en passant des mammifères aux singes et de ceux-ci à l'homme, s'expliquent par l'action directe ou indirecte du cerveau, augmentant de volume dans toutes ses parties, spécialement à ses deux extrémités antérieure et postérieure, et atteignant son maximum chez ce dernier. »

(1) L'Anthropologie, 1891, t. II, p. 649.

L'intérêt des recherches de M. Topinard est de montrer par suite de quel mécanisme le crâne, dont le plan de structure est le même chez tous les vertébrés, se modifie suivant le volume plus ou moins grand du cerveau, comment le contenant s'adapte au contenu. « Nulle difficulté à la voûte, où les sutures latérales lambdoïde, sagittale et coronale s'écartent, tandis que les os augmentent par leurs bords. La résistance est médiocre encore à l'occipital; elle est plus grande au frontal à cause de ses relations avec les os de la face; elle est plus grande encore à la base, c'est-à-dire aux corps des vertèbres crâniennes, dont l'un cependant finit par céder. »

Mais faut-il conclure de là que le cerveau des vertébrés ait été doué d'un principe de croissance qui devait un jour vaincre tous les obstacles et le transformer en crâne humain? M. Jean d'Estienne a répondu à cette hypothèse dans le précédent numéro de la *Revue* (p. 600).—M. Topinard nous invite, en terminant, « à bénir les circonstances qui ont favorisé la lignée des primates et ont amené parallèlement leur cerveau et leur crâne au haut degré de perfection qu'il atteint dans notre espèce. » Mais ce sont précisément ces circonstances qui nous échappent. Le savant anthropologiste nous permettra, dans notre ignorance, de réserver nos actions de grâces pour Dieu, seul auteur certain de toutes les causes secondes dont les lois sont encore si obscures.

Les dogmes scientifiques (1). — M. Vogt, partisan de l'évolution comme M. Topinard, attaque cependant avec conviction ce qu'il appelle les dogmes scientifiques, professés par certains évolutionnistes. D'après Hæckel, l'ontogénie ou histoire du développement des individus serait la récapitulation de la phylogénie ou histoire du développement des souches organiques. Il y aurait un parallélisme complet entre la serie ontogénique et la série phylogénique.

Pour l'affirmer, il faudrait d'abord connaître exactement l'histoire du développement des organismes, c'est-à-dire posséder leurs généalogies complètes et authentiques.

Or M. Vogt montre que si M. Hæckel a pu se donner le plaisir de dresser des généalogies plus ou moins fantaisistes, il s'en faut que les faits les justifient. Ainsi la généalogie de l'homme, qu'on voudrait rattacher aux singes catarrhiniens, est interrom-

(1) Revue scientifique, mai-juillet 1891.

pue au premier anneau de la chaîne. On ne connaît pas de singe fossile qui fasse la transition au genre *Homo*. On ne peut pas davantage rattacher les prosimiens actuels avec les singes actuels, que les prosimiens fossiles avec les singes fossiles ou vivants, et ainsi de suite en descendant la série; aucun lien entre les marsupiaux fossiles et les ongulés ou les prosimiens; aucune souche connue de pro-mammifères.

On cherche généralement à établir la descendance sur des similitudes d'organes. Mais M. Vogt a montré que des organes absolument semblables peuvent se développer dans des organismes divers qui n'ont aucun lien de filiation, par exemple les organes auditifs des méduses et des vers; les yeux des céphalopodes et des vertébrés. Le dogme : " forme identique, donc descendance identique ", dit M. Vogt, ne peut donc se tenir debout.

C'était aussi, il y a deux siècles, le dogme des amateurs de linguistique, alors que la filiation des langues était basée sur de simples analogies verbales. L'étude comparée des systèmes phonétiques et grammaticaux a fait justice de cette erreur de méthode, dont les naturalistes n'ont pas encore su se débarrasser.

A. Arcelin.

ZOOLOGIE.

La ressemblance protectrice dans le règne animal. — Sous le nom de *mimétisme*, on désigne le fait que des animaux possèdent la livrée d'autres bêtes mieux armées qu'eux, ou presentent l'aspect du *substratum* sur lequel ils vivent.

Les anciens naturalistes, tels que Linné et Réaumur, qui connaissaient déjà quelques faits de ce genre, les regardaient comme des exceptions curieuses; aujourd'hui leur universalité est constatée, grâce surtout aux travaux de Murray, Wallace, Bates, Poulton, Élisabeth Peckham, Scudder, Giard, Weismann et Fritz Müller; plusieurs naturalistes belges ont signalé aussi des cas de *mimétisme*, notamment MM. P. J. Van Beneden dans son ouvrage sur *Les Commensaux et les parasites;* Candèze dans sa lecture sur *Les Moyens d'attaque et de défense chez les Insectes;*

Preudhomme de Borre dans *La Feuille qui se transforme en Insecte;* enfin, en Belgique, c'est M. Plateau qui a étendu le plus considérablement nos connaissances dans cet ordre de faits (1).

Sous le nom de *mimétisme,* on a d'abord confondu deux genres d'imitation bien différents. Parfois les animaux, par leur forme, leur coloration et leurs attitudes, ressemblent à s'y méprendre à d'autres animaux d'une organisation interne profondément différente. Wallace réserve le nom de *mimétisme* à cette catégorie de faits; ainsi, « des Serpents inoffensifs portent la livrée d'espèces venimeuses habitant la même contrée; des Diptères, des Coléoptères, absolument incapables de faire le moindre mal, sont armés des bandes alternativement noires et jaunes caractéristiques des Guêpes, dont la piqûre est si douloureuse; des Papillons échappent aux animaux insectivores parce qu'ils portent sur leurs ailes les taches et les dessins propres à d'autres Lépidoptères généralement respectés à cause de leur odeur infecte ou de la saveur nauséabonde de leur chair » (2).

Wallace emploie le terme de *ressemblance protectrice* quand il s'agit d'animaux qui copient des végétaux ou des minéraux (3).

Le travail que nous analysons est restreint à la ressemblance protectrice ; M. Plateau l'étudie successivement chez les animaux de la mer, du désert et de la forêt.

1. *La mer.* — La mer des Sargasses, constituée par d'immenses prairies d'algues flottantes, est habitée par une faune riche et variée; beaucoup des animaux qui y passent toute leur vie reproduisent les teintes et les accidents de coloration des algues.

Un Poisson, par exemple, *Antennarius marmoratus,* a la tête, le

(1) Voir les publications consacrées jusqu'à présent par M. Plateau au mimétisme :

1° *La Ressemblance protectrice et le mimétisme chez les Araignées,* résumé d'un travail d'Élisabeth Peckham paru dans le NATURALISTE, octobre-novembre 1889 ;

2° *La Ressemblance protectrice chez les Lépidoptères européens,* IBID., novembre 1891 ;

3° *La Ressemblance protectrice dans le règne animal,* lecture faite à la classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, 1892.

(2) Plateau, *La Ressemblance protectrice dans le règne animal,* p. 4.

(3) Depuis trois ans, M. Plateau rassemble, pour le musée de l'Université de Gand, une collection de cas de mimétisme ; les animaux, convenablement préparés et dans leur attitude naturelle, sont accompagnés des animaux qu'ils copient, s'il s'agit de mimétisme vrai, ou sont placés au milieu d'un petit groupe de feuillage, de mousse, d'écorce, etc., suivant l'objet imité, s'il s'agit de ressemblance protectrice.

dos et les flancs garnis de tentacules qui, joints aux nageoires découpées, lui donnent de la ressemblance avec un faisceau de lanières végétales; en outre, sa peau, maculée d'un grand nombre de taches, offre les tons colorés des sargasses.

Si l'on jette un de ces Poissons " un peu au large de la masse des varechs où il a été pris, on le voit donner les signes d'une inquiétude extrême et nager avec rapidité vers le paquet d'algues le plus voisin. Il se glisse, comme l'a dit M. A. Milne Edwards, à travers les rameaux avec une telle adresse et une telle rapidité que souvent, en un instant, il disparaît et devient introuvable " (1).

Les autres habitants des sargasses, jusqu'aux plus infimes, utilisent aussi des moyens de dissimulation du même genre.

Les mers tropicales et subtropicales fournissent également de nombreux exemples de ressemblance protectrice.

On en trouve aussi beaucoup chez les animaux des côtes de Bretagne ou du Pas-de-Calais. Là, dans les grandes prairies de zostères vertes, vivent des Poissons d'un beau vert d'herbe.

Un petit Mollusque gastéropode, *Lamellaria perspicua,* a une teinte grise avec des ponctuations blanches, brunes ou noirâtres, du moins quand il est fixé sous les pierres; les individus qu'on trouve implantés sur un Tunicier, *Leptoclinum fulgidum,* sont au contraire d'un beau rouge uniforme, comme leur support; quand il se tient sur une espèce voisine, notre Mollusque est jaune chamois avec des taches plus sombres qui simulent les ouvertures buccales et le cloaque commun de ce Tunicier.

Inspectons, à marée basse, les dépressions pleines d'eau qui parsèment la grève : au début, surtout quand on est novice, on y remarque seulement quelques Annélides tubicoles, des Anémones de mer, des colonies d'Hydroïdes, et les jeunes naturalistes sont tentés d'accuser la pauvreté de la faune; mais si l'on redouble d'attention, on reconnaît bientôt la présence de nombreux animaux qui avaient d'abord échappé grâce à la transparence cristalline de leur corps; en outre, certains autres sont marqués de petites taches de pigment qui permettent de les confondre avec le sable ou le gravier.

Un Poulpe vient-il à être déposé sur la grève, pendant les basses eaux, il saisit habilement à l'aide de ses bras de petites pierres qu'il amasse sur son dos, et en deux ou trois minutes il devient méconnaissable.

(1) Filhol, *Expédition du Talisman.*

De nombreux Crabes se recouvrent de Spongiaires, d'Ascidies, de touffes de Bryozoaires et d'Algues; ils se confondent ainsi totalement avec les roches revêtues d'un mélange identique. De tout petits Céphalopodes, les Sépioles, savent très bien faire varier la coloration de leur peau d'après celle du fond au-dessus duquel ils se tiennent.

M. Plateau laisse de côté la faune du littoral belge, qui est trop pauvre; mais pour prouver combien sont nombreux les cas de ressemblance protectrice chez les animaux marins d'une région peu éloignée de cette côte, il a dressé une liste de cas, choisis parmi les mieux caractérisés, observés dans la faune du littoral du Pas-de-Calais; il s'est servi, pour cela, des documents publiés par M. Giard, directeur du laboratoire de Wimereux; cette liste, nécessairement incomplète, comprend plus de 30 exemples. En voici quelques-uns :

Lucernaria octoradiata (Cœlentéré); en général *rouge* sur les algues rouges; mais on trouve des individus *verts* fixés sur les algues vertes.

Virbius viridis (Crustacé); *vert* parmi les ulves, *brun* dans la région des *Fucus*, *rouge* dans la zone des *Rhodinemia*.

Nerophis lumbriciformis (Poisson); rouge, habite les touffes d'une algue rouge.

2. *Le désert.* — Sur toute son étendue il ne présente qu'une couleur, celle du sable; de loin en loin seulement, dans les oasis le vert uniforme des dattiers vient faire diversion.

Tous les habitants du désert, depuis les Mammifères juqu'aux Invertébrés, possèdent des teintes qui se rapprochent de celles du terrain; leur livrée est grise, jaune pâle, isabelle, etc.; le rouge, le vert, le bleu n'y figurent pas.

Le Fouette-queue, Lézard qui habite le désert, change de teinte suivant qu'il se trouve dans un endroit obscur ou qu'il est exposé au soleil; dans ce dernier cas, il se donne une robe d'un blanc jaunâtre parsemée de petites ponctuations, ce qui le fait ressembler complètement à du sable fin mêlé de petits grains noirs.

A certaines places, notamment dans le creux des vallées, le voyageur rencontre des cailloux; il lui arrivera certainement, à sa grande stupefaction, de voir tout à coup un de ces cailloux bondir et retomber à quelque distance. L'examen de ces corps singuliers apprend que ce sont en réalité des Insectes orthoptères du genre *Eremobia* et de genres voisins qui copient admirablement l'aspect des pierres véritables au milieu desquelles ils se

tiennent; ils ont le corps trapu, rugueux, et leur coloration grise, marquée de blanc crayeux ou de noir, est toujours la même que celle du terrain.

Le groupe des Coléoptères des déserts est composé de formes noires ou à couleurs obscures; à cause de cette coloration, qui contraste vivement avec celle du sable et par conséquent attire les regards de leurs ennemis, il semble qu'ils doivent être voués à une destruction rapide. Détrompons-nous : ces Coléoptères ont une odeur désagréable et une forme telle que lorsqu'ils font le mort, — et ils n'y manquent pas dès qu'ils sentent l'approche du danger, — ils ressemblent aux excréments des Gazelles, des Chèvres et des Moutons; malgré les apparences premières, ces Insectes recourent donc aussi à la ressemblance protectrice.

Pour observer des faits aussi surprenants, il n'est pas indispensable de se transporter jusqu'au Sahara: nous en trouverons, autant ou à peu près, et d'aussi remarquables, dans les dunes sablonneuses du littoral belge.

Le sol y consiste en un sable d'un blanc légèrement jaunâtre ; çà et là une végétation basse où dominent deux plantes caractéristiques, le hoyat aux feuilles d'un vert pâle et l'argousier au feuillage grisâtre. Les quelques espèces animales qui sont propres à cette zone y sont parfaitement adaptées: le Lapin sauvage et quelques Oiseaux qui nichent par terre ont une coloration grise; le Crapaud calamite, spécial aux districts sablonneux, est gris avec une bande jaune sur le milieu du dos; veut-il se dissimuler complètement, il rassemble ses pattes, fait suinter des glandes de sa peau un liquide visqueux sur lequel le sable se colle abondamment et le voilà métamorphosé en une motte quelconque. Qui croirait se trouver devant un animal ? Des Coléoptères, des Diptères ont une couleur arénacée; un Orthoptère, l'Œdipode aux ailes bleues, imite fort bien, quand il est au repos, les petits débris ligneux qui parsèment le sable. Les Coccinelles à sept points se rassemblent, à certaine époque, en groupes serrés autour de la tige et à l'aisselle des rameaux de l'argousier ; on croirait alors voir les petits fruits de cet arbrisseau.

3. *La forêt.* — Transportons-nous d'abord à Java, le paradis des zoologistes. Il s'y trouve beaucoup de Serpents, et les espèces arboricoles assez nombreuses qui y vivent sont d'un beau vert de feuillage ; un Lézard, le curieux Dragon volant, présente des couleurs vives et variées qui ont beaucoup d'analogie avec les marbrures des feuilles. Voici un Insecte orthoptère dont le corps

étroit, cylindrique, vert, marqué de joints annulaires, imite un morceau de jeune tige de bambou ; d'autres Orthoptères, des Phyllies, simulent des feuilles, à ce point que, lors de l'exhibition de quelques Phyllies vivantes dans les serres du Jardin d'acclimatation de Paris, en 1867, beaucoup de personnes ne parvenaient pas à les distinguer des feuilles sur lesquelles elles étaient posées.

L'entomologiste qui parcourt les forêts de Java admire un magnifique Lépidoptère aux ailes veloutées ; il veut s'en emparer à l'aide de son filet, mais tout à coup l'insecte s'évanouit comme par enchantement. Voici comment : seule, la face supérieure des ailes est parée de belles couleurs ; la face inférieure, grise ou brune, est parcourue par une ligne médiane principale et des lignes transversales secondaires, et l'ensemble copie très bien une feuille sèche ; quand l'insecte se pose, il a soin, d'après les observations de Wallace, de toujours choisir des végétaux secs ; il relève ses ailes en les appliquant l'une contre l'autre, et le voilà métamorphosé en une feuille morte ; cette transformation se fait avec une incroyable rapidité.

Une Araignée, à l'abdomen d'un blanc pur et aux pattes noires, posée sur une feuille et entourée d'un léger réseau, imite un excrément d'oiseau ; il s'agit, cette fois, non plus de ressemblance protectrice, mais plutôt d'une ressemblance « offensive ».

Dans les troncs d'arbres cariés, le naturaliste trouve des sphères brunes de la grosseur d'un marron d'Inde ; on jurerait que ce sont des fruits ; mais ces prétendus marrons viennent-ils à se dérouler, on se trouve devant de gros Mille-pattes.

Dans les bois de Belgique, nous trouverons des exemples aussi nombreux d'imitation protectrice. Deux couleurs y dominent, le brun et le vert ; ce sont précisément les teintes les plus fréquentes des parties du corps exposées aux regards chez la plupart des animaux de la forêt, du moins chez ceux qui ont recours à l'imitation protectrice. Le procédé leur réussit tellement bien que les personnes étrangères à l'histoire naturelle trouvent la forêt presque déserte, alors qu'en réalité elle abrite des légions d'animaux.

De nombreuses Chenilles nues, qui n'ont ni épines ni longs poils pour faire reculer leurs ennemis, possèdent, en guise de compensation, une livrée brune ou verte ; il y a, en Belgique, au moins 138 espèces de Chenilles qui sont vertes.

Maints Insectes adultes, notamment la vulgaire Sauterelle, sont d'un beau vert ; aussi se confondent-ils parfaitement avec les feuilles ou les herbes.

Quant aux Insectes d'un brun plus ou moins vif ou plus ou moins grisâtre, et qui, posés dans diverses attitudes, imitent des éclats de bois, des feuilles desséchées, des fruits secs ou des brindilles, ils sont littéralement innombrables. *Lithosia griseola,* notamment, quand elle repose au pied d'un arbre, simule absolument une samare de frêne.

Sur les troncs revêtus de lichens, ordinairement gris, se tiennent des Noctuelles dont les ailes supérieures, seules visibles, sont couvertes de dessins indécis, gris sur gris ou noir sur gris. Là encore se promènent des chenilles de Psychides et de Tinéides, protégées chacune par un fourreau à la surface duquel elles fixent des débris végétaux.

Les femelles aplaties des Hémiptères du genre *Lecanium,* fixées sur les feuilles de chêne ou d'orme, tendent dans diverses directions des fils blancs qui ressemblent aux traînées blanches qui accompagnent les excréments des Passereaux ; ainsi se protègent encore d'autres espèces.

En Belgique, comme à Java, il y a des Papillons diurnes qui imitent, au repos, des feuilles mortes ou vivantes; déjà Lacordaire en signalait, en 1838, dans son *Introduction à l'entomologie.* Nos Vanesses sont ornées de couleurs assez vives au-dessus, mais en dessous elles sont d'une couleur brune plus ou moins foncée; à l'état de repos total, *torpide,* comme dit Éd. Poulton, les ailes complètement relevées et appliquées les unes contre les autres, elles ne se distinguent plus des feuilles sèches de dimensions analogues. Les Papillons du genre Satyre se cachent de la même façon. L'Aurore peut prendre, quand il est immobile, l'aspect du menu feuillage des achillées, des ombellifères et des cardamines, plantes sur lesquelles il se pose.

Venilla macularia est une Phalène jaune maculée de noir, très commune dans les taillis; elle copie très exactement les feuilles desséchées de bouleau et de peuplier, pointillées de taches noires ou brunes.

Un Noctuélien, *Gonoptera libatrix,* imite une feuille tombée, à demi rongée et couverte de cryptogames.

La ressemblance protectrice ne suppose pas toujours l'état de repos. Les Ptérophores, papillons aux ailes profondément divisées et paraissant composées chacune d'un certain nombre de plumes, ont le vol assez paresseux; ils exécutent surtout de courtes excursions de haut en bas et de bas en haut; ils ressemblent singulièrement alors à des akènes de Composées emportées par le vent.

Nous nous bornons à ces exemples de ressemblance protectrice; ils suffiront sans doute pour que nos lecteurs admettent les deux principes énoncés par M. Plateau : " Le phénomène de la ressemblance protectrice est général; il n'y a guère de formes animales qui, au moins dans une des phases de leur existence, n'aient recours à l'imitation.

„ Dans nos contrées, dans l'Europe tempérée, en Belgique, on rencontre à chaque pas des cas de dissimulation ne le cédant en rien à ceux que nous offre la nature tropicale „ (1).

Ajoutons que ces faits d'imitation sont presque tous complètement inconscients.

Nous ne voulons pas terminer cette analyse sans exprimer le très vif désir de voir paraître bientôt de nouvelles publications du savant professeur de Gand sur le mimétisme et la ressemblance protectrice.

A. Buisseret.

HYGIÈNE

De la tourbe comme agent de filtration. — Quelques cas de fièvre typhoïde disséminés dans l'agglomération bruxelloise donnent un regain de faveur à certaines précautions hygiéniques élémentaires, que l'on oublie trop souvent quand l'état sanitaire est normal. Doit-on boire de l'eau filtrée? Doit-on boire de l'eau bouillie? Faut-il s'interdire absolument l'usage de l'eau? Tous les jours le médecin entend poser semblables questions. Cet article n'ayant pas pour but d'indiquer le moyen d'avoir une eau chimiquement pure, mais n'ayant en vue que l'action dépuratrice du filtre, nous dirons que sous ce rapport il faut distinguer dans une eau : 1° les matières étrangères inertes et insolubles ; 2° les microbes ; 3° les substances toxiques qu'ils produisent.

1° La plupart des filtres sont capables d'enlever à l'eau les principes de la première catégorie, et par conséquent de rendre une eau limpide. Malheureusement limpidité n'est pas synonyme de pureté. Une eau limpide peut être une eau très malsaine, et la question de limpidité, toute importante qu'elle soit, n'en est pas moins secondaire.

(1) Plateau, *La ressemblance protectrice dans le règne animal*, p. 48.

2° Quant aux microbes, un grand nombre de filtres, pour ne pas dire tous, les laissent passer. Peut-être faut-il faire une exception pour le filtre en porcelaine. Mais en admettant que tous les filtres arrêtent les microbes au passage, s'ensuit-il qu'ils doivent nous donner toute sécurité? Nous ne le pensons pas. La crasse qui recouvre leur surface de filtration et pénètre plus ou moins leurs mille pertuis microscopiques n'est-elle point un milieu de culture favorable pour un grand nombre de microbes? L'entretien régulier et fréquent du filtre n'est point pratique. Dans les conditions ordinaires, il est difficile de le rendre antiseptique, sans compter que, parmi les moyens capables de produire l'antisepsie, l'emploi d'un grand nombre ne serait pas inoffensif. D'un autre côté la purification d'un filtre ne produit qu'un état d'asepsie fort passager. Dès lors les microbes continuent à donner naissance à des produits solubles capables de traverser le filtre avec l'eau qui les contient; et ce filtre peut devenir ainsi une cause de souillure.

3° Certaines substances toxiques engendrées par les microbes échappent donc à l'action du filtre, absolument comme le médicament traverse le papier filtre du pharmacien. Que peut le filtre contre un principe dissous? Si, grâce à sa composition ordinaire, il était capable de le détruire, n'aurait-il pas en même temps la propriété d'altérer le liquide qu'il doit seulement purifier? Ces diverses considérations nous empêchent donc d'ajouter une foi aveugle aux prétendus avantages des filtres en général.

J'en viens cependant à signaler un nouvel agent de filtration dont l'action serait remarquable, si l'expérience la confirme. Il s'agit de la tourbe et en particulier de l'action qu'elle exerce sur l'eau d'égout et les déjections animales (1). D'après MM. Monari et Pagliani, « la tourbe *absorbe* les matériaux organiques des excréments et de l'urine, même l'urée, et les *décompose* en les oxydant sans perdre son pouvoir absorbant; elle arrête les fermentations putrides, absorbe les gaz. Dès qu'elle est saturée, elle laisse passer l'urée ou d'autres produits azotés; mais dès qu'on la dessèche, elle récupère son privilège de filtration ». Espérons que la tourbe tiendra ses promesses.

De la contagiosité du cancer. — La démonstration expérimentale de la contagiosité du cancer n'est pas établie. D'après de récents travaux, il semble même qu'elle soit très douteuse.

(1) *Annales de la Société médicale chirurgicale de Liége*, mars 1892, et *Presse médicale belge*, 10 avril 1892.

L'observation clinique, devançant les recherches expérimentales, paraît plaider la transmission du cancer d'un malade à un autre, et peut-être la propagation de cette maladie par l'eau et par le milieu dans lequel vit le cancéreux. Une première remarque à faire dans ce sens est la fréquence du cancer à la campagne. Le Dr Arnaudel (de Cormeilles) cite sous ce rapport certains villages de la Normandie où le cancer se montre avec une intensité qui ne fait que croître, et il pense avoir le droit de rapporter cette propagation aux raisons que nous venons de citer.

Le Dr Rebulet accuse l'eau des mares de favoriser l'éclosion du cancer, tandis que l'eau des citernes n'aurait pas la même influence. Dans une période de 18 mois, il a observé à la campagne trois cas de tuberculose, et onze cas de maladie cancéreuse.

Le Dr Guelliot cite le fait remarquable que voici : Un malade succombe au cancer le 22 novembre 1870. Deux ans et demi plus tard, la veuve meurt à son tour de la même maladie. Une domestique qui avait soigné ses maîtres est emportée huit jours après sa maîtresse par un cancer du sein. Enfin le père de la dame meurt d'un cancer également deux ans après sa fille. Il habitait chez elle. De ces quatre personnes, trois n'ont aucun lien de parenté. Deux sont mortes d'un cancer du rectum, les deux hommes; les deux femmes, au contraire, d'un cancer du sein.

Est-ce l'eau, est-ce le contact dans lequel ces malades ont vécu qu'il faut accuser ici? Ce que j'ai vu dans ma clientèle me porte à croire que la maladie doit être attribuée au contact. Les deux malades auxquels je fais allusion ne consommaient qu'une eau salubre. Mais c'étaient deux époux. Je ne veux pas insister sur le siège de leur mal pour des raisons que l'on comprendra. Je me contenterai de dire que l'affection cancéreuse contrôlée par différents médecins ne peut être mise en doute.

Le cas rapporté par le Dr Guelliot est tout à fait extraordinaire, tandis que celui que j'ai mentionné l'est beaucoup moins.

En présence de ces faits, que devient l'hérédité dans la genèse du cancer? On ne peut s'empêcher, si pas de la mettre en doute, au moins d'en restreindre l'influence dans bon nombre de cas. Pourtant la question n'est pas aussi simple qu'elle le paraît à première vue. Si, dans certains cas, la fréquence du cancer semble se rattacher à l'hérédité, surtout à l'hérédité basée sur la consanguinité, dans d'autres, au contraire, la maladie paraît liée à certaines conditions topographiques toutes localisées. Comment

expliquer autrement que, de deux localités peu éloignées l'une de l'autre, la première comptera, comme la ville de Paris elle-même, 1 cancéreux par 1000 habitants, tandis que dans la seconde on en trouvera 2 ou 3 comme en Normandie, et jusqu'à 14 pour 1000 dans certains villages du Soissonnais. Et ces chiffres ne se rapportent point à des années exceptionnelles. Ils appartiennent à des statistiques basées sur des périodes de vingt ans. Nous savons que M. le Dr Manichon, pour le Soissonnais même, invoque l'influence de l'hérédité. M. le Dr Desplous fait de même à propos d'un village des Ardennes. Nous admettons volontiers que leur interprétation est exacte, car beaucoup de malades qui figurent dans leurs statistiques étaient issus non seulement de parents cancéreux, mais encore de parents consanguins. Or certains médecins soutiennent que la consanguinité la plus à craindre, au point de vue de la descendance, est la consanguinité morbide. C'est celle-là qui, d'après eux, transmettrait les défauts, les vices, les tares organiques des parents. Rien d'étonnant, dès lors, que dans les contrées où les mariages entre consanguins sont fréquents, le cancer, comme les autres dégénérescences organiques d'ailleurs, une fois introduit dans une famille, s'y maintienne indéfiniment. Cependant, pour apprécier la part qui revient à l'hérédité consanguine dans la propagation du cancer, il serait intéressant de savoir si la race juive, où les mariages consanguins sont si fréquents, est plus sujette au cancer que les autres. Des statistiques ont été établies dans ce sens, si je ne me trompe, et elles ont dû aboutir à des résultats négatifs. Mais l'étude que nous analysons contient une statistique relative à une commune du département de l'Oise, et qui accuse une mortalité élevée pour le cancer. Dans cette commune, les mariages consanguins ne sont pas plus fréquents que dans les autres; les habitants ne sont point isolés de ceux des communes voisines comme dans certains villages du Soissonnais. Ils sont au contraire aux portes de Paris et entretiennent de fréquents rapports avec leurs voisins. Il est donc très probable que certaines conditions locales favorisent dans cette commune la multiplication du cancer.

Nous disions en commençant que la démonstration expérimentale de la contagiosité du cancer n'est pas établie. Elle ne tardera probablement pas à l'être. Certains fait rapportés dans cet article permettent non seulement de le supposer, mais encore d'y ajouter foi (1).

(1) *Journal de médecine et de chirurgie pratique et d'accouchements*, 15 avril 1892.

Un excellent désinfectant à la portée de tout le monde (1). — Il s'agit de la soude ou carbonate de soude. Ce sel en solution dans l'eau à 1 p. c. permet une désinfection complète de tous les objets, si on les plonge pendant quelques minutes (de cinq à quinze) dans le liquide bouillant. Pour le chirurgien qui veut désinfecter ses instruments, la solution sodique est préférable à tout autre liquide. Non seulement elle agit avec rapidité, mais elle n'altère pas les instruments, comme le font la plupart des autres antiseptiques chimiques ou l'eau bouillante elle-même (par la rouille qu'elle occasionne).

On peut recourir encore à la même solution pour désinfecter les linges ou objets de literie qui ont appartenu aux malades, afin de les dépouiller de tous les germes pathogènes qu'ils peuvent contenir.

Quant aux pièces de pansement, il vaut mieux pour leur désinfection recourir à un autre procédé; car on ne peut les employer à l'état humide, et le temps nécessaire à leur dessiccation à l'air libre leur permettrait de s'infecter de nouveau.

La soude est un excellent antiseptique, disons-nous. En effet, Schimmelbusch a conclu de ses expériences que le staphylocoque orangé et le microbe du pus bleu sont tués en 2 ou 3 secondes dans la solution sodique bouillante. Quant à la spore du charbon, la plus résistante de toutes, elle exige un séjour de 2 minutes dans le même liquide, tandis qu'il faut 12 minutes à la vapeur maintenue à 100 degrés pour le détruire.

Les recherches de Behring confirment celle de Schimmelbusch.

D'un autre côté, les Drs Montefasco et Caro, recherchant le pouvoir antiseptique de la lessive employée dans les lavoirs, et que l'on obtient à l'aide de cendres de bois, ont trouvé que cette lessive méritait d'être placée au premier rang parmi les antiseptiques. En effet, elle demande 5 heures si l'on opère à froid, 6 heures si l'on opère à chaud pour détruire les spores du charbon.

Le lessivage ordinaire, tel qu'il se pratique chez le pauvre et le riche, a donc été pendant longtemps à notre insu le meilleur moyen mis à notre portée pour nous délivrer de nos ennemis invisibles et nous empêcher de propager par le linge la plupart des maladies contagieuses qui nous accablent. C'est une prime précieuse accordée à la propreté.

Il est bien évident que l'emploi de la solution sodique ne

(1) *Revue médicale de Louvain*, 20 juin 1892.

nécessite aucun appareil spécial. Il suffit d'un récipient que l'on ferme aussi complètement que possible, pour éviter l'évaporation du liquide; car cette évaporation tend à le refroidir et change le titre de la solution.

Dr Ach. Dumont.

SYLVICULTURE

Couches ligneuses de printemps et d'automne. — On sait que les arbres de nos climats, végétaux dicotylédonés, forment leur bois par couches concentriques annuelles, dans chacune desquelles on remarque plus ou moins distinctement deux zones également concentriques, dont la première formée, *interne* par conséquent, est appelée *bois de printemps* et commence à se dessiner dès le réveil de la végétation, et dont la seconde, d'un tissu plus serré, est appelée *bois d'automne.* Or il résulte des observations soumises à l'Académie des sciences (1), dans un mémoire dû à un agent forestier qui est en même temps un physiologiste distingué, M. Mer, que la formation de la zone dite d'automne serait plus hâtive qu'on ne l'avait cru jusqu'alors. Il est vrai qu'elle n'apparaît pas simultanément dans toutes les parties de l'arbre; mais dans la tige et les branches elle est généralement entièrement formée dès le 15 septembre; elle s'attarde un peu plus dans la souche et la maîtresse racine, mais sans dépasser, pour son entier achèvement, la fin du même mois. On peut donc dire que, moyennement, elle est entièrement terminée quand commence la saison d'automne et que, par conséquent, c'est *en été* qu'elle s'est constituée. M. Mer propose donc logiquement de substituer à la dénomination inexacte de *bois d'automne,* celle, plus conforme aux faits, de *bois d'été.*

Réserve amylacée des végétaux ligneux (2). — Le même savant forestier avait fait précédemment une autre communication non moins importante à l'Académie des sciences, d'où

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences,* séance du 29 février 1892.

(2) *Ibid.,* séance du 27 avril 1891 (N° 17). Note de M. Émile Mer sur la *Répartition hivernale de l'amidon dans les plantes ligneuses.*

il résulterait que ce n'est point durant l'hiver, comme on l'a cru jusqu'ici, que la réserve d'amidon serait le plus abondante dans les tissus ligneux; ce serait au contraire durant cette saison qu'elle le serait le moins. M. Mer s'est livré à de nombreuses expériences sur des chênes, des hêtres, des sapins, des épicéas et des pins; tantôt au mois d'août, sur le tronc privé de ses branches, séparé de ses racines et abandonné sur le sol, ou sur des rondelles sciées perpendiculairement à l'axe de la tige et également laissées à l'air pendant deux mois; tantôt au mois de juin, par une décortication annulaire à 8 m. au-dessus du pied; tantôt enfin en maintenant immergés dans l'eau et à l'abri de la lumière des fragments de jeunes branches dépouillées de leurs bourgeons et de leurs feuilles. — Dans ces divers cas, l'amidon disparaissait dans un délai variant, suivant les essences, de deux à quatre mois; d'où l'expérimentateur conclut que la résorption de l'amidon doit être attribuée à la combustion respiratoire exercée par les tissus ligneux et libérien depuis le moment où les feuilles ont perdu leur activité assimilatrice jusqu'au début du sommeil hibernal. Tant que persiste un certain degré d'humidité dans les tissus, même isolés, la vie s'y maintient, et il peut arriver que la réserve amylacée soit entièrement résorbée. De même, après la chute des feuilles, le mouvement végétatif et respiratoire se poursuit encore pendant quelque temps; après quoi la distribution de l'amidon reste stationnaire pendant trois mois.

De nouvelles expériences pratiquées par l'ingénieux physiologiste forestier, au début du printemps, il résulte que le phénomène inverse a lieu dès les premiers mouvements de la sève : les parties vertes qui ont le plus contribué, à l'automne, à épuiser la réserve amylacée, la reconstituent alors avec une extrême rapidité; quinze jours peuvent suffire à cette reconstitution. La conclusion du mémoire de M. Mer est qu'il existe, dans la vie des végétaux ligneux, deux phénomènes inobservés jusqu'ici : il y a d'une part, à la fin de l'automne, résorption graduelle d'amidon, et d'autre part régénération de cette substance au commencement du printemps. En sorte que, bien loin que la réserve d'amidon ait son maximum en hiver, comme on le croyait naguère, c'est précisément en hiver qu'elle est le plus faible.

Exploitation des taillis dite " au saut du piquet " (1). — S'il est, dans les conditions ordinaires de nos taillis des climats froids ou tempérés, un mode d'exploitation barbare, contraire à

(1) *Revue des Eaux et forêts*, février 1892. G. DES CHÊNES.

tous les principes et, à la longue, éminemment destructeur, c'est incontestablement l'exploitation *au saut du piquet*. Voici en quoi elle consiste : au lieu de couper les brins de cépée ou rejets de souche à peu près rez terre, taillant ensuite proprement la souche de manière à ce que la surface en soit bien nette et un peu courbée pour empêcher les eaux pluviales d'y séjourner, on procède tout différemment : on coupe les rejets à 60 ou 80 centimètres au-dessus du sol, comme si l'on voulait convertir la coupe à exploiter en un tiré pour la chasse aux perdrix ; de nouveaux ouvriers arrivent derrière les premiers et, munis d'une hache de forme particulière, frappent la souche, entre les étocs ou *piquets* conservés, de manière à ce que la lame de leur outil y pénètre à 8 ou 10 centimètres au plus; appuyant ensuite fortement sur la partie supérieure des étocs ou piquets l'un après l'autre, ils les séparent violemment de la souche en éclatant celle-ci.

Cependant cette méthode éminemment vicieuse, et dont le résultat le plus clair, dans les climats doux ou froids, est de ruiner les taillis au bout d'un petit nombre de révolutions, cette méthode est employée avec succès dans les taillis d'yeuse ou chêne vert *(Quercus ilex)* de la Provence; et, qui plus est, elle y est nécessaire pour la conservation même de ces taillis que ruinerait bien vite une exploitation régulière et normale.

Voici l'explication de cette bizarrerie.

Notons d'abord que dès qu'on a fait *sauter le piquet* sur une souche tout entière, laquelle se trouve irrégulièrement sectionnée *entre deux terres,* c'est-à-dire un peu plus bas que le sol environnant, on a soin de la recouvrir de terre, de ramilles, de menus branchages pour la préserver et des ardeurs du soleil, si énergiques dans ce climat, et des écarts de température, si violents en Provence que le thermomètre centigrade y varie quelquefois de 40° en 24 heures. Si l'on exploitait par la méthode ordinaire, les souches que rien ne préserverait de ces vicissitudes climatériques seraient bien vite desséchées et les racines après elles. Exploitées au saut du piquet, entre deux terres, et soigneusement recouvertes, elles sont suffisamment garanties pour donner quelques rejets, peu nombreux à la vérité, mais vigoureux; et ce qui manque comme nombre de rejets sur chaque souche, se trouve compensé par les nombreux rejets de *drageons* qui surgissent des racines et protègent au bout de peu d'années le sol par un couvert plus épais et plus complet que celui que donnait précédemment la cépée des racines de laquelle ils sont issus.

Tant il est vrai qu'il n'existe pas de règle *absolue* en sylviculture, et que, pour appliquer les principes de la science, il faut toujours et avant tout s'inspirer des circonstances locales judicieusement étudiées, et modifier en conséquence l'application de ce qui peut faire loi partout ailleurs.

Produits forestiers de Madagascar (1). — Madagascar, cette île si vaste que sa superficie dépasse de 60 000 kilomètres carrés celle de la France entière (2), contient d'immenses forêts où l'on pourrait trouver en quantités considérables d'excellents bois de service propres à la charpente et aux industries multiples qui emploient ce produit du sol. Mais il s'y rencontre notamment deux substances spéciales, le *caoutchouc* et le *copal*, sur lesquels il n'est pas sans intérêt d'attirer l'attention.

On sait que le caoutchouc s'obtient par incisions faites sur la tige d'une foule d'essences forestières des pays chauds. A Madagascar, ce sont principalement des arbres de la famille des Apocyniés, tels que *Rancornia speciosa*, *R. elastica*, *Willughbeia edulis*, etc., qui fournissent cette précieuse matière. On les trouve un peu partout; mais ils deviennent rares dans les parties de l'île d'un abord facile, par suite de l'insouciance des indigènes qui coupent par le pied tous les arbres à caoutchouc qu'ils rencontrent, afin d'en extraire la gomme plus aisément, tuant ainsi par paresse la poule aux œufs d'or. On traite alors ces arbres soit par les acides, soit par le sel marin, ou même par le thé, l'absinthe, l'extrait de tamarin. Il serait extrêmement désirable que l'autorité publique prît des mesures pour régulariser cette exploitation et empêcher qu'elle ne tende à la destruction des arbres à caoutchouc.

Le copal est une gomme-résine qu'exsude l'écorce de l'*Elæocarpus copallifera* dans les Indes, et d'un arbre de la famille des Légumineuses, l'*Hymenæa* ou Courbaril. Nous manquons de données sur l'essence des arbres qui la fournissent à Madagascar; mais ils y sont nombreux et, comme les arbres à caoutchouc, répandus un peu partout dans l'île, quoique ce soient seulement les ports du littoral de l'est qui en fassent l'exportation. Ce produit pourrait acquérir une valeur beaucoup

(1) *Journal of Society of Arts*, cité par le Cosmos du 5 mars 1892, et documents divers.

(2) La superficie de la France entière, Corse comprise, est de 523 500 kilomètres carrés. Elle était de 543 000 avant 1870. Cf. les *Annuaires du bureau des Longitudes*.

plus grande si, n'était la paresse des indigènes, il était préparé et épuré avec le soin voulu.

Nous passons sous silence le miel et la cire qui, bien que se récoltant en forêt dans la contrée, ne sont pas à proprement parler des produits forestiers. Disons seulement que, grâce toujours à la mollesse et à l'incurie des Malgaches qui les récoltent sans aucun soin, le commerce de ces précieuses denrées tend de plus en plus à se ralentir.

Plantations à fleur de terre (1). — Les racines des arbres ont besoin d'air autant que de terre végétale. Voyez les vétérans de nos forêts, ces gros arbres séculaires qui n'étonnent pas moins par leur hauteur que par le diamètre de leur tronc : leurs racines courent à fleur de terre, faisant souvent saillie sur le sol. Au contraire quand, par suite de travaux de terrassement quelconques, des arbres ont une partie de leur tige enfouie dans un remblai, ils s'en vont dépérissant jusqu'à ce qu'ils aient pu se refaire une couronne de racines superficielles; ils reprennent alors vigueur grâce à ce nouvel appareil radiculaire, l'ancien ne fonctionnant plus. La conséquence de ces faits d'observation journalière, c'est qu'il est contraire aux règles d'une saine physiologie d'enterrer profondément les racines quand on plante soit de jeunes brins de 2 ou 3 ans, soit de jeunes arbres déjà formés. Il est bon sans doute de creuser un trou profond afin d'ameublir la terre; mais ensuite il faut y remettre en grande partie la terre qu'on en a sortie, la tasser légèrement, puis y placer le plant en étalant ses racines à plat, et recouvrir celles-ci avec la portion la plus riche en humus de la terre remuée, de manière à former une petite butte autour du collet émergeant légèrement au-dessus du sol.

On ne peut, croyons-nous, que souscrire à ces recommandations très sages, au moins en ce qui concerne les plantations de *printemps*, alors que les fortes gelées ne sont plus à craindre. Quant aux plantations d'automne, il faut avant tout parer à ce que les brins plantés ne soient pas, durant l'hiver, soulevés, déchaussés et même déracinés par les alternatives de gel et de dégel, ce qui ne se produit que trop fréquemment. En pareil cas, mieux vaut encore enterrer les racines un peu plus profondément. Il est vrai que l'on pourrait concilier les deux choses si les circonstances locales permettaient, après avoir planté comme il est

(1) *Rev. des Eaux et Forêts*, février 1892. CH. BROILLIARD.

dit plus haut, de recouvrir la petite butte avec de la mousse, des mottes de gazon ou des pierres qui, sans devoir intercepter, la belle saison revenue, le passage de l'air, auraient pour effet de protéger la terre meuble entourant les racines contre les effets successifs de dilatation et de contraction produits par le froid et le dégel.

En tout cas, si l'on doit planter un terrain pierreux, compact, ingrat, le mode qui s'impose est la plantation *en butte,* consistant à placer les racines à même sur le sol naturel et à les recouvrir avec de la terre apportée, celle-ci étant ensuite protégée à son tour par des pierres, des branchages ou autre couverture.

Nous ajouterons, car ici comme ailleurs les extrêmes se touchent, qu'il faut opérer de même dans les terrains humides à l'excès où les racines trop enterrées seraient exposées à pourrir.

La forêt de Soulongis (1). — C'est encore une monographie de forêt dans le genre de celle dont nous avons parlé en octobre dernier (2). De sa plume toujours alerte, enjouée, humoristique, l'auteur fait faire à son lecteur une vraie promenade de touriste, promenade pittoresque et gaie mais en même temps scientifique. C'est, comme pour *Tronçais et Civrais,* un cours de sylviculture ; mais la leçon est cependant différente : car sur les principes généraux qui servent de base à la science des forêts, se greffe, dans l'application, une variété infinie; et, dans cette science expérimentale dont les applications sont si diverses, rien n'est plus propre à frapper l'esprit que de concréter l'enseignement en le faisant ressortir de l'examen même d'une forêt ayant été traitée conformément aux règles de l'art, mais aussi en conformité des conditions locales de végétation, de sol, de climat, toutes choses essentiellement changeantes et obligeant à modifier, en quelque sorte à chaque pas, l'application. Notre auteur est, très sagement, l'adversaire déclaré des changements sans cesse apportés aux aménagements : dans une opération dont les effets ont besoin de 200 à 250 ans pour produire tous leurs effets, comme dans une futaie pleine de chêne, par exemple, il trouve absurde que, au bout de la durée moyenne d'une généra-

(1) *Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France,* octobre-décembre 1891. E. Desjobert, inspecteur des forêts à Montluçon (Allier).

(2) *Les forêts de Tronçais et de Civrais.* Cf. *Rev. des quest. scient.,* octobre 1891, p. 647.

tion humaine, souvent moins, on vienne remanier de fond en comble l'aménagement d'une forêt entière, alors que les coupes principales ont à peine porté sur l'affectation d'une seule période. Il veut qu'on améliore prudemment, sagement, mais sans rien détruire de ce qu'il y a eu de bon dans la manière de faire des devanciers. Il est donc essentiellement et intelligemment conservateur, comme tout forestier digne de ce nom doit l'être, puisque les produits qu'il a à former demandent plusieurs siècles pour arriver à leur complet développement. — (N'y a-t-il que les arbres qui aient besoin d'une direction sagement conservatrice?)

Les données de la culture des bois proprement dites ne sont pas les seules à envisager. Les divers métiers et industries du bois qui s'exercent en forêt ont trouvé place dans la monographie de la forêt de Soulongis, ce qui n'avait pas eu lieu pour celle des forêts de Tronçais et Civrais. Abatteurs, ébrancheurs, fendeurs, sabotiers, scieurs de long, reçoivent tour à tour la visite de l'auteur, qui nous initie non seulement à leur mode de travail, à leur outillage, mais aussi à leur genre de vie, à leur repas frugal, à leur existence ultra-rustique. C'est un commencement d'initiation à la connaissance du *débit* du bois et de la vie primitive et rude du robuste ouvrier de la forêt.

De traits piquants, de mots heureux, de plaisanteries fines et de bon goût, cette monographie est pleine ; et le plus souvent un sain enseignement moral se cache sous cette forme enjouée et parmi tant de faits racontés avec entrain et bonne humeur.

De l'espacement des futaies sur taillis et jardinées (1). — Dans les taillis composés, où les arbres réservés pour croître en futaie sont ordinairement des arbres de lumière, on doit viser à ce que les pieds soient suffisamment espacés pour laisser, *entre leurs cimes,* la lumière pénétrer jusqu'au sol et favoriser la croissance du taillis, mais aussi assez rapprochés pour fournir la plus grande somme possible de bois d'œuvre. Sur un taillis s'exploitant à 30 ans, par exemple, l'allongement annuel moyen du diamètre de la cime des réserves étant de 70^{mm} environ, en multipliant ce chiffre par le nombre d'années de la révolution, on aura pour produit la valeur de l'espacement à ménager *entre les cimes,* soit 2 mètres environ, espace qu'on devra évaluer au jugé, en tenant compte de l'état présent et de l'accroissement futur des arbres à réserver.

(1) *Rev. des Eaux et forêts,* novembre 1891. GALMICHE.

S'il s'agit des futaies jardinées qui sont généralement composées d'arbres d'ombre, comme le sapin et l'épicéa, par exemple, dont les branches s'allongent d'ailleurs un peu moins que celles des feuillus, on pourra limiter l'espacement entre les cimes à $0^m,50$ ou $0^m,60$ seulement, à la condition de repasser sur les mêmes points tous les dix ans, laps de temps au bout duquel le couvert des grands arbres se sera refermé sur les jeunes sujets. Par ce procédé, on évitera les inconvénients d'un état constamment trop serré dans la consistance des massifs, et l'on favorisera l'accroissement en diamètre des arbres conservés.

Il est entendu d'ailleurs que l'application de cette méthode reste subordonnée à l'observation des principes généraux de sylviculture et de physiologie végétale qui priment tout procédé secondaire.

C. DE KIRWAN.

MINES.

La Commission autrichienne du grisou (1). — La Commission autrichienne du grisou, nommée par le gouvernement en 1885, a publié, il y a quelques mois, son rapport final, lequel mérite l'attention de tous les ingénieurs qui ont à compter avec le terrible ennemi du mineur. — Il résume, d'une manière très complète, l'état de la question en exposant quels sont, à l'heure actuelle, les moyens et précautions à prendre pour éviter ou amoindrir les explosions de grisou.

Les différents chapitres comprennent :

1. Classification des mines à grisou;
2. Exploitation d'une mine;
3. Aérage;
4. Eclairage;
5. Tirage des mines;
6. Poussières charbonneuses;
7. Recommandations spéciales.

(1) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale.*

La Commission autrichienne comprend, sous le nom de mines à grisou, celles dans lesquelles le gaz se dégage continuellement et depuis longtemps, ne serait-ce que dans certains quartiers de la mine.

Les mines grisouteuses sont divisées en trois classes: les mines peu grisouteuses, les mines moyennement grisouteuses, les mines très grisouteuses. Cette classification repose sur la teneur en grisou et en acide carbonique du courant de sortie d'air, toutes les mines étant ramenées à des conditions moyennes d'aérage (deux mètres cubes d'air par homme et par minute ou 1 $^{m\,c.}$ 500 par minute et par tonne de charbon extrait en 24 heures).

Les mines de la première classe, ou peu grisouteuses, sont celles où le courant de sortie d'air renferme moins de 1 p. c. de gaz, l'acide carbonique étant ajouté au grisou.

Les mines de la deuxième classe, ou moyennement grisouteuses, sont celles où la teneur en gaz est comprise entre 1 et 2 p. c.

Pour les mines de la troisième classe, ou très grisouteuses, le courant de sortie d'air doit avoir une teneur en gaz supérieure à 2 p. c.

Ces bases ne sont pas absolues, car il faut tenir compte de la proportion d'acide carbonique. On ne peut attribuer à ce gaz la même importance qu'au grisou. C'est pourquoi il y aurait peut-être lieu de créer une sous-classe spéciale : celle des mines très peu grisouteuses, où la teneur en grisou du courant de sortie d'air ne dépasserait pas 0,1 p. c.

La Commission estime qu'il n'y a pas lieu d'admettre la division en plusieurs classes des différents quartiers d'exploitation d'une même mine; mais cette division peut exister pour plusieurs mines d'un même groupe, bien que reliées entre elles par des voies de communication souterraines, lorsque ces mines possèdent des courants d'air séparés. Il sera nécessaire, dans ce cas, de laisser, entre deux mines voisines, des piliers de sûreté suffisants, soit en charbon, soit en bons remblais. — Enfin, une mine déjà classée peut passer dans une autre classe, si des modifications viennent à se produire dans son exploitation, au point de vue du dégagement de grisou.

Le rapport traite ensuite des principes qu'il convient d'observer, relativement au grisou, dans la conduite de l'exploitation et la disposition des puits, galeries et chantiers d'abatage. Il faut surtout avoir en vue de régulariser les dégagements, les

rendre inoffensifs et faciliter leur évacuation en dehors des galeries.

La dilution du gaz dans une grande masse d'air frais, à l'aide d'un courant d'air énergique, sera toujours le moyen le plus efficace pour assurer la sécurité de la mine. Celle-ci devra posséder deux puits ou deux issues, l'une servant à l'entrée, l'autre à la sortie de l'air, qui aura une marche, autant que possible, ascensionnelle, pour se rendre du puits d'appel au puits de retour.

La Commission entre dans le détail des précautions à prendre, quant à l'aérage des travaux préparatoires, tels que creusements de puits et beurtiats, travers bancs et galeries en veine.

Pour ce qui est de l'exploitation proprement dite, les précautions diffèrent selon la méthode suivie. Si l'on déhouille par dépilage en retour, on laisse derrière soi des vides qui constituent des réservoirs à grisou. C'est pourquoi il faut avoir soin de laisser et d'entretenir une galerie de retour d'air au-dessus de la partie exploitée, afin d'y éviter la formation d'amas de gaz.

Dans l'exploitation par tailles chassantes ou montantes, il faut veiller surtout à la confection du remblai, qui doit être aussi serré que possible et suivre de fort près les fronts d'attaque.

La quantité d'air exigée pour chaque mine varie selon la classe à laquelle elle appartient : pour la première classe, il convient de donner à chaque homme deux mètres cubes par minute ; pour la deuxième, trois mètres cubes, et quatre pour la troisième. — La vitesse maximum du courant d'air ne doit pas dépasser dix mètres par seconde dans les puits, et six mètres dans les galeries.

La division du courant est très importante, et il est indispensable de posséder et de tenir régulièrement, pour chaque chantier, un plan de l'aérage auquel est joint un registre où sont notés les volumes d'air et l'état barométrique à la surface. — La lampe Pieler est précieuse pour relever fréquemment la teneur en grisou des différentes branches du courant, afin de s'assurer qu'aucune d'entre elles ne dépasse la limite maximum de 1 1/2 p. c. — De plus, il faut faire des analyses permettant de déceler la teneur en acide carbonique et en poussières charbonneuses. Il est établi qu'en présence de celles-ci, des mélanges de grisou, en très faible proportion à peine reconnaissable à la lampe de sûreté, peuvent entraîner des suites désastreuses.

Les moyens d'aérage doivent, autant que possible, être mécaniques, les foyers constituant toujours une cause de danger.

quelles que soient les précautions dont on les entoure. — Tout puits d'air devrait être muni d'un ventilateur de réserve, chaque appareil de ventilation ayant un système de contrôle.

Les grands ventilateurs tournant lentement sont préférables pour les mines larges, et les ventilateurs à petit diamètre et à grande vitesse, pour les mines étroites.

Les mesures relatives à l'éclairage ont aussi une grande importance dans les mines à grisou. Il convient notamment de rendre obligatoire l'emploi des lampes de sûreté dans toutes les mines reconnues comme grisouteuses, sans imposer cependant un système spécial. Les lampes Mueseler, Wolf et Marsaut se sont toutes bien comportées dans les diverses expériences auxquelles elles ont été soumises par la Commission. — Les lampes Pieler sont recommandées pour rechercher couramment le grisou. Elles révèlent la présence de 1,4 p. c. de gaz.

Sans prohiber l'éclairage électrique, la Commission estime que ce mode offre encore bien des lacunes, ainsi que d'autres causes de danger pour les mines à grisou.

Plus encore que l'éclairage, le tirage des mines est l'une des causes principales des explosions. Le remède radical consisterait à l'interdire entièrement dans les mines à grisou. Mais, pratiquement, cette mesure entraînerait des difficultés telles que certaines mines seraient forcément abandonnées, les appareils mécaniques proposés jusqu'à ce jour n'ayant pas donné de résultats assez satisfaisants pour pouvoir se passer des explosifs. — Il faut donc rechercher les moyens de rendre l'emploi de ceux-ci le moins dangereux possible en présence du grisou.

On peut d'abord remplacer la mèche ordinaire par des amorces à friction ou par des amorces électriques ; quant à la charge, on obtient de bons résultats en remplaçant la poudre noire par des explosifs brisants auxquels on mélange des sels hydratés, qui ont pour effet de diminuer la température des gaz de l'explosion et de former autour d'eux une couche isolante. Dans tous les cas, il doit être défendu d'employer, comme bourrage, les poussières de charbon. Celles-ci constituent d'ailleurs une cause de danger par leur seule présence dans le voisinage du point où l'on fait sauter des mines. En suspension dans l'air de la mine, ou amassées à la longue dans les galeries, elles peuvent s'enflammer plus ou moins facilement, surtout avec des mines qui font canon, et particulièrement lorsque celles-ci sont chargées de poudre noire (1).

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, 1886, 2e livraison, p. 669.

La sensibilité des poussières varie selon leur composition chimique et surtout selon leurs propriétés physiques. Ici, comme pour le grisou, l'emploi des dynamites spéciales dont il a été question plus haut est indiqué.

Il convient aussi, principalement pour les mines riches en poussières charbonneuses, de prendre des précautions spéciales qui sont indiquées dans le rapport de la Commission et qui consistent notamment dans l'arrosage des galeries et l'emploi des amorces à friction ou de l'électricité.

Cet intéressant rapport de la Commission antrichienne se termine par des recommandations spéciales relatives à l'organisation du personnel à qui est confiée la surveillance de la mine.

Les ressources houillères du Pérou (1). — Depuis l'époque de sa découverte, le Pérou a toujours été cité pour l'importance et la variété de ses richesses naturelles. On rencontre en abondance l'or, l'argent, le cuivre, le plomb, ainsi que d'autres dépôts minéraux.

La houille y existe aussi en grande quantité, bien que peu exploitée jusqu'ici, par suite des difficultés trop grandes de transport. Ces difficultés sont appelées à disparaître prochainement; les lignes de chemin de fer projetées permettront de tirer parti de ces riches dépôts, où l'on trouve les charbons gras et les charbons maigres dans des conditions avantageuses de gisement.

Les gisements houillers sous la mer en Écosse (2). — Les comtés de Nothumberland et de Durham possèdent un bassin houiller où existent des exploitations importantes et qui a attiré l'attention des ingénieurs dans ces dernières années. Il est en effet démontré, dès à présent, que la mer du Nord recouvre plus de la moitié de ce bassin, celui-ci s'enfonçant très loin vers l'est; le fond n'a pas encore été atteint. — Des galeries de reconnaissance et d'exploitation ont été poussées en divers points sous la mer, même à de grandes distances. On cite notamment la mine de Cambois où la profondeur des galeries d'exploitation sous le niveau de la mer ne dépasse pas 200 mètres.

On se demande à quelle distance les travaux pourront

(1) *Colliery Guardian.*
(2) *Ibid.*

être poussés à l'avenir sous la mer; car si la question du transport peut être résolue sans trop de difficultés, il n'en est pas de même de la question de l'aérage. A ce sujet, on a émis l'idée d'établir des puits d'aérage dans la mer même. Cette idée, à coup sûr, paraît étrange à première vue, et l'on est bien en droit de se demander par quel moyen on pourra réaliser pratiquement semblable installation. Elle n'est cependant pas si récente; elle a été déjà préconisée, il y a quelques années, par M. George Elliot, président du Northern Institute of Mining Engineers. — Quoi qu'il en soit de sa valeur pratique, il n'en est pas moins vrai que la côte orientale de l'Écosse possède sous la mer un gisement houiller très vaste et très riche, qui pourra être exploité par des puits d'extraction et d'aérage situés à proximité de la côte.

Les phosphates de la Floride. — Sous ce titre, M. Victor Watteyne publie dans les *Annales des travaux publics* de Belgique quelques notes intéressantes qu'il a rapportées de son voyage d'exploration. Nous en résumerons ici les points les plus intéressants.

La découverte de ces riches gisements phosphatés ne date que de quelques années. Ils se présentent à l'état de phosphates en roche, formant des poches ou amas irréguliers dans le calcaire sous-jacent, qui appartient à l'éocène supérieur, ou bien aussi à l'état de nodules gisant alors sous les alluvions qui constituent le terrain superficiel de vallées larges et peu profondes.

Le mode de formation de ces gisements est très discuté: certains géologues prétendent qu'ils doivent leur origine à des dépôts de guano qui auraient fourni les éléments nécessaires à la phosphatisation du calcaire sous-jacent. Quoi qu'il en soit, on sera mieux édifié sur la valeur des différentes hypothèses, lorsque ces gisements auront été plus complètement reconnus. Ils se rencontrent principalement dans deux régions: l'une, celle des phosphates en roche, au sud-ouest d'Ocala, localité située vers le centre de la péninsule; l'autre, celle des phosphates en nodules, est située plus au sud, dans les terres voisines de la Peace River.

Les dépôts de phosphates en roche ont une allure très irrégulière, et la nature du minerai est aussi assez variable.

Certaines parties, dures, de couleur blanche ou d'un blanc laiteux quelquefois jaunâtre, sont les plus riches en phosphate

tribasique, dont elles renferment en moyenne près de 80 p. c. C'est le *Rockphosphate*, disséminé en blocs, et d'une manière irrégulière, dans une roche plus tendre ou *Softphosphate*, dont la richesse est moindre. Le phosphate tendre de premier choix renferme 75 p. c. de phosphate tribasique. On estime, d'une manière générale, que les gisements de phosphate en roche renferment 15 à 25 p. c. de *Rockphosphate*, 30 à 45 p. c. de *Softphosphate*, le reste étant composé de matières stériles, sable blanc et argile blanche.

Mais il y a des parties dont la composition s'écarte considérablement de ces moyennes.

L'exploitation des phosphates en roche est encore peu développée. Plusieurs compagnies ont cependant entrepris des travaux; ceux de la Cie de Dunnella sont les plus avancés. On commence d'abord par reconnaître le gisement à l'aide de sondages, de forages et de puits peu profonds; puis on procède à l'enlèvement des terres meubles qui recouvrent le dépôt; on extrait alors la roche phosphatée à la pioche et à la brouette, en séparant autant que possible, dans cette opération, le *Rockphosphate*, le *Softphosphate* et les matières stériles.

Pour les exploitations à une certaine profondeur, on remplace le transport à la brouette par une sorte d'élévateur-transporteur à vapeur dont la disposition ingénieuse permet une notable économie de main-d'œuvre, chose précieuse dans un pays où elle est encore rare.

Les produits de l'extraction sont classés en quatre qualités :

1° Le *rockphosphate*, renfermant.	76 à 85 p. c.	de phosph.	tribas.
2° Le *softphosphate* de premier choix, renf.	70 à 75 p. c.	»	»
3° Le *softphosphate* de second choix . . .	60 à 69 p. c.	»	»
4° Le *softphosphate* de troisième choix, renf.	50 à 59 p. c.	»	»

Ces diverses qualités sont soumises à la calcination pour les enrichir de 2 à 3 p. c. par l'enlèvement de l'humidité et des matières organiques.

Les gisements en nodules présentent plus de régularité que ceux en roches. On distingue les phosphates de campagne (*Landphosphate*), que l'on trouve en couches d'épaisseur plus ou moins uniforme sous les terres d'alluvion des vallées, et les phosphates des rivières (*Riverphosphate*), que l'on rencontre dans le lit des cours d'eau et qui proviennent sans doute du ravinement des premiers.

L'importance des nodules varie de la grosseur d'un grain de moutarde à celle d'un œuf de pigeon. Ils sont de couleur claire, blancs ou brunâtres dans les *Landphosphates;* la couleur plus foncée, brun ou bleuâtre, des *Riverphosphates* provient sans doute de l'action des matières organiques contenues dans les eaux. La richesse moyenne des deux espèces de dépôt ne s'écarte guère de 65 à 70 p. c.

Plusieurs sociétés ont commencé l'exploitation des phosphates en nodules, dont l'extraction est très facile et peu coûteuse, les moyens mécaniques étant appliqués à l'extraction et à la préparation; car les nodules extraits sont triés et broyés, pour passer ensuite à la calcination dans des fours spéciaux.

Diverses lignes de chemin de fer existent déjà et transportent les phosphates aux ports d'embarquement de Fernandina, de Tampa et de Charlotte Harbor.

Le développement des moyens de transport, de l'outillage et de la main-d'œuvre amènera certainement, à bref délai, l'exploitation, sur une grande échelle, des riches gisements phosphatés de la presqu'île floridienne.

V. Lambiotte.

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, tome CXIV, avril à juin 1892.

N° 14. **A. de Caligny**, né à Valognes, le 31 mai 1811, mort à Versailles, le 24 mars 1892, a publié, pendant plus de soixante ans, d'ingénieuses recherches d'hydraulique, qu'il a réunies en les completant, dans deux volumes *Sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes oscillantes*, qui ont paru en 1883.

Mallard : L'étude de certains minéraux de l'Arizona permet de démontrer définitivement l'existence du diamant au milieu du fer natif, qu'il soit ou non d'origine météorique. Par là se trouvent pleinement justifiées les considérations si importantes de M. Daubrée sur l'origine du diamant dans les gîtes de l'Afrique centrale.

Lecoq de Boisbaudran : Le spectre du gallium subit de grands changements quand on fait changer la nature de l'étincelle. Comme des changements analogues se produisent, d'une façon plus ou moins remarquable, avec presque tous les corps, il est bien nécessaire de définir les conditions dans lesquelles on a obtenu les spectres électriques.

Horwarth : Chez le *Tetrazoura gallarum Ulmi* (et sans

doute chez la plupart des Pemphigiens), la forme bourgeonnante radicicole donne naissance à deux séries de descendants; l'une est la forme sexupare ailée qui, en automne, retourne sur les Ormes et y dépose les sexués dépourvus de rostre, l'autre est une série qui reste aptère et radicicole et se reproduit de la même manière que la forme bourgeonnante.

G. Curtel : La transpiration de la fleur est intense dans le bouton très jeune; elle diminue peu à peu, puis redevient active au moment où le bouton a acquis sa taille maximum et est près de s'épanouir. A partir de ce moment, la transpiration reste très intense jusqu'à la mort de la fleur.

J. Héricourt et Ch. Richet : Par une inoculation préalable de tuberculose aviaire, on peut vacciner les chiens contre la tuberculose humaine et contre la tuberculose aviaire très virulente (Voir aussi n° 23).

N° 15. **Mouchez, Périgaud et Boquet** : De nouvelles déterminations de la latitude de l'Observatoire de Paris (viciées d'ailleurs peut-être par des réfractions astronomiques irrégulières dues au voisinage de la grande ville), ont conduit à la valeur suivante : 48 degrés 50 minutes 11 secondes, mais elles diffèrent de 0,8 seconde de la valeur moyenne plus forte déduite, il y a quatorze ans, par Gaillot, de plus de mille observations dues à des observateurs différents. Gaillot avait déjà signalé une variation assez régulière donnant un minimum en hiver et un maximum en été, avec un écart total de 0,5 seconde, ce qui confirmerait complètement ce que les astronomes allemands croient avoir constaté dans ces dernières années. Les récentes déterminations semblent aussi donner quelque certitude à l'existence de cette variation annuelle, quoique, à vrai dire, il soit plus naturel de l'attribuer à la variation accidentelle des réfractions astronomiques ou de quelque autre élément qui entre dans la détermination de la latitude.

Potier : Contrairement à l'opinion de Carvallo, l'expérience prouve que la transparence de deux lames de tourmaline superposées est égale à celle d'une lame unique d'épaisseur égale à la somme des épaisseurs des deux.

Berthelot : Les conditions de formation et de décomposition de l'acide persulfurique et de ses sels s'expliquent très bien au moyen des principes généraux de la thermochimie.

Chambrelent : La stabilité des dunes de Gascogne n'est assurée que si l'on maintient non seulement les forêts qui les protègent, mais aussi le sous-bois formé par les aiguilles

de pin, les mousses, les petits arbustes qui les tapissent, et la contre-dune artificielle à profil raide du côté de la mer qui empêche le sable d'envahir les forêts et de combler le canal d'assèchement situé au delà des dunes. On ne peut faire aucune culture sarclée sur le revers des dunes sans en compromettre la stabilité.

Dehérain vient de publier un important *Traité de chimie agricole*, écrit dans un esprit à la fois conservateur et progressif, où il étudie successivement la plante, la terre arable, les engrais et amendements.

A. Julien : Le premier point épiphysaire d'un os long apparaît toujours sur son extrémité la plus importante au point de vue fonctionnel.

N° 16. **M. Wolf** a trouvé, par la photographie, une nébuleuse nouvelle de la constellation du Cygne; il a pu aussi obtenir sur ses clichés le tracé de l'orbite d'une petite planète, découverte par la photographie, et celui de l'orbite d'une étoile filante ou d'un bolide.

Bosscha maintient son opinion relative à l'erreur d'environ deux microns et demi dont est entaché le nouveau prototype international du mètre, et renvoie pour les preuves à sa brochure : *Les Équations des nouvelles copies du Mètre des Archives* (Leide, Brill, 1892).

G. Capus : Le loess du Turkestan, qui a un développement et une importance considérables dans cette partie de l'Asie, semble un dépôt périphérique de mer intérieure, sinon de rivage, du moins d'estuaires et de grands courants.

N° 17. **A. de Tillo** : La répartition des terrains occupés par les grands groupes géologiques de terrains est à peu près indépendante de la latitude et de la longitude, sauf pour les sables, les glaciers et les îles coralliennes.

Denza : La photographie de la nébuleuse de la Lyre, non seulement montre à l'évidence qu'elle s'étend bien au delà des données de l'observation directe et prouve qu'elle se prolonge dans le sens de son grand axe, mais, de plus, elle permet de compter et de fixer la position de chacun des points lumineux accumulés avec une densité plus grande dans la direction du petit axe.

N° 18. **Marey** est parvenu à analyser le mouvement des êtres microscopiques par la chronophotographie.

A. Chassy : Lorsqu'on électrolyse une substance quelconque,

il se dégage toujours un équivalent d'hydrogène ou la quantité correspondante du radical électro-positif.

N° 19. **Deslandres** parvient à étudier les protubérances solaires et à suivre leurs variations de forme au moyen de la photographie.

A. Gauthier et L. Landi : On sait que les tissus des animaux continuent à vivre après la mort, en ce sens que, grâce à leur organisation, à leurs ferments solubles, ils transforment leurs matériaux et font disparaître leurs réserves, les remplaçant par des produits de dénutrition qui sont en relation étroite avec ceux qui se formaient durant la vie. Des expériences nouvelles permettent d'aller plus loin et d'arriver à cette conclusion : ce mode de désassimilation constitue le vrai fonctionnement élémentaire autonome de chaque cellule, et ce n'est que secondairement que, pendant la vie d'ensemble, il est excité, complété, continué par l'accession de l'oxygène et par la circulation qui modifient, détruisent et emportent ces produits de dénutrition. (Voir aussi n°s 21, 23, 25.)

A. Prunet. Dans la pomme de terre, les bourgeons voisins du sommet des tubercules s'accroissent davantage, se développent plus tôt et plus rapidement que les bourgeons voisins de la base. Ce développement plus rapide et plus considérable provient de la prédominance, dans le voisinage des bourgeons antérieurs, des matières nutritives de réserve et des principes actifs azotés, et par celle aussi des acides organiques et des sels qui jouent un rôle important dans les phénomènes de la croissance. Les principes immédiats et les substances minérales contenues dans les moitiés antérieures émigrent vers les bourgeons postérieurs, quand on enlève les autres. Il y a donc toujours une relation étroite entre la répartition des principes immédiats et des substances minérales et l'aptitude relative des bourgeons au développement.

N° 20. **P. Schützenberger** a obtenu un carbure de silicium nouveau, dont la composition répond à la formule simple Si C et dont la formation jette un jour nouveau sur la synthèse de l'oxycarbure SiCO et de l'azotocarbure Si_2C_2N.

Guyon est élu membre de l'Académie en remplacement de Richet.

J. Thoulet déduit de certains faits rapportés par Murray et Renard, dans leur Rapport sur les fonds marins provenant de la campagne du *Challenger*, de nouvelles preuves de l'immobilité

des eaux océaniques profondes. Certaines marques arrondies sur un os de baleine dessinées dans cet ouvrage sont sans doute des traces de dents de squales; par suite, on peut admettre la même origine pour des incisions observées par Capellini sur une omoplate de *Balanotus* tertiaire et attribuées parfois à l'action de l'homme.

N° 21. **Berthelot et Matignon** ont déterminé de nouveau avec soin les chaleurs de combustion et de formation de l'alcool éthylique, de l'acide formique et de l'acide acétique. Les chiffres obtenus diffèrent peu de ceux qui ont été admis antérieurement.

P. Schützenberger a trouvé, par un procédé nouveau, que le poids atomique du nickel est 58,6.

De Sparre obtient l'équation approchée d'un projectile dans l'air, par les fonctions élémentaires, dans le cas où l'on suppose la résistance proportionnelle à la quatrième puissance de la vitesse. (Voir aussi n° 22.)

E. A. Martel fait connaître la glacière naturelle du Creux-Percé, à Pasques (Côte-d'Or), où l'on trouve, en tout temps, des stalactites de glace pure et diaphane. Elle a 55 mètres de profondeur, 40 de long sur 20 de large; aux deux tiers de la profondeur, elle n'a plus que 10 mètres sur 5, mais dans le bas, qui est en forme de cloche, elle en a 15 sur 10. C'est sous la strate rocheuse en encorbellement qui produit le rétrécissement du puits que l'on trouve une draperie de glace transparente du côté du nord, formant plusieurs colonnes de 10 à 15 mètres. La glacière est parfaitement éclairée à cause de la verticalité de l'abîme et de la grandeur de l'orifice supérieur. Le 28 mars, la température, au fond, était 1 degré sous zéro, 14 degrés à la surface du sol.

N° 22. **Amsler** est nommé membre correspondant de l'Académie en remplacement de Gilbert.

A. Gaudry : La découverte d'une portion de mandibule de singe à Montsaunès dans la Haute-Garonne, par M. Harlé, prouve qu'à l'époque quaternaire, le singe a vécu au nord des Pyrénées, sans doute à un moment différent de celui où les Pyrénées avaient de vastes glaciers et où il y avait de grandes troupes de Rennes dans la France méridionale.

Werner, G. Rousseau et G. Tite ont découvert et étudié un azotate de chaux basique.

A. Trillat : L'aldéhyde formique a un pouvoir antiseptique

supérieur à celle du bichlorure de mercure; son pouvoir antifermentescible est aussi très grand.

L. Daniel a pu greffer avec succès des Crucifères sur d'autres Crucifères plus fortes ou plus faibles et la nouvelle plante entière a pris la nature du greffon. Il a aussi réussi à greffer des racines, munies de leurs rosettes de feuilles et formant greffon, sur des tiges qui constituent le sujet, autrement dit, il a greffé le système descendant sur le système ascendant.

N° 23. **Brown-Sequard et d'Arsonval** (Voir aussi n°s 20 et 24). Chez les vieillards dont les glandes spermatiques ont notablement perdu de leurs fonctions, des injections de liquide testiculaire peuvent fournir ce qui manque quant à la puissance des centres nerveux. Dans un grand nombre de maladies, la faiblesse peut être combattue avantageusement par des injections de ce liquide. Les cas dans lesquels il a le plus d'efficacité sont ceux de tuberculose pulmonaire, d'ataxie locomotrice, de lèpre, d'anémie, de paralysie, etc. Ce liquide n'agit pas comme excitant ou stimulant; son emploi n'est pas suivi d'une déperdition de forces comme cela arrive pour certains stimulants. — Les extraits liquides d'autres glandes ou viscères, passés au filtre en alumine de d'Arsonval, peuvent d'ailleurs être injectés sous la peau, même en quantité très considérable en pleine sécurité. Des faits expérimentaux, d'accord avec les faits cliniques, montrent la puissance curative d'injections sous-cutanées de liquide thyroïdien dans des cas de graves maladies dépendant de l'absence d'action de la thyroïde.

S. Lie est nommé correspondant de l'Académie en remplacement de Kronecker.

Charcot et Darboux : La prodigieuse mémoire arithmétique d'Inaudi, le calculateur prodige du Piémont (où il est né à Onorato, en 1867), n'est nullement une mémoire visuelle, comme c'était le cas pour Mondeux et d'autres calculateurs célèbres. Inaudi fait appel concurremment aux images auditives et aux images motrices d'articulation : pour retenir les nombres, il faut et il suffit qu'il les entende prononcés par d'autres ou par lui-même. Inaudi est petit ($1^m,52$), robuste, normalement conformé; le crâne, nettement plagiocéphale, présente, en avant, une légère saillie de la bosse frontale droite, et, en arrière, une saillie de la bosse pariétale gauche; à la partie postérieure de la suture interpariétale, on perçoit au toucher une crête longitudinale de 2 centimètres, formée par le pariétal droit relevé; l'angle facial est presque droit (89 degrés); la face est

légèrement asymétrique, le côté droit plus petit que le gauche. La mémoire d'Inaudi est une mémoire moyenne, ou même un peu en dessous de la moyenne, sauf pour l'arithmétique parlée. Ses procédés de calcul sont les procédés habituels du calcul mental : il commence l'addition, la soustraction, la multiplication par les unités d'ordre supérieur; pour ajouter six nombres, il ajoute d'abord le second au premier, le troisième à la somme trouvée, et ainsi de suite. Dans la multiplication, il remplace un facteur tel que 729 par 730 — 1; dans l'élévation au carré, il connaît et applique la règle relative au carré d'une somme. La division, l'extraction des racines et d'autres problèmes plus compliqués sont résolus par tâtonnement.

J. Riban a trouvé de nouveaux azotates basiques de zinc.

P. Parmentier : Les eaux minérales s'altèrent souvent sous l'influence de l'air et des microorganismes; par suite, les effets thérapeutiques des eaux transportées sont différents de ceux de ces eaux prises à la source. En prenant certaines précautions, on peut cependant les embouteiller dans les récipients remplis de l'acide carbonique pur des sources et livrer aux malades une eau identique à ce qu'elle est à la source.

H. Viallanes. Les Huîtres, les Moules, etc., établissent, comme on sait, un rapide courant d'eau entre leurs valves écartées. Des particules que le courant entraîne, les unes sont agglutinées en volumineux grumeaux, par une sécrétion muqueuse du manteau, puis aussitôt rejetées; le autres traversent le tube digestif pour être ensuite expulsées sous forme d'excréments solides. Il en résulte qu'au bout d'un temps très court, ces Mollusques filtrent une quantité d'eau assez considérable. Les Huîtres, les Moules, tous les animaux ayant même genre de vie, notamment les Ascidies, déterminent, par le procédé indiqué plus haut, la précipitation et l'agglutination de toutes les parties organiques ou minérales suspendues dans l'eau et concourent ainsi à la fondation des dépôts marins. L'action d'espèces voisines, dans ce sens, est d'ailleurs très différente; elle varie aussi avec la quantité de matières solides en suspension dans l'eau.

N° 24. **Helmholtz (von)** est nommé associé étranger de l'Académie.

M. d'Ocagne fait connaître une construction élégante du point le plus probable donné par une série de droites non convergentes.

N° 25. **Arloing** : Les filtres à pâte minérale jouissent de précieuses qualités pour leurs applications à l'hygiène, puisqu'ils retiennent plus que les microbes parmi les corps qui peuvent souiller les eaux; mais ils offrent, au point de vue expérimental, de sérieux inconvénients, qui trompent sur les véritables sécrétions microbiennes et rendent les expériences faites avec les cultures filtrées, à des moments et dans des lieux divers, très difficilement comparables. Une bougie Chamberland affaiblit plus ou moins le pouvoir toxique d'un milieu, suivant qu'elle a moins ou plus servi.

Haton de la Goupillière vient de publier le dernier volume de son *Cours d'exploitation des Mines et des Machines* sous le titre *Chaudières à vapeur,* où il essaie de faire connaître le plus complètement possible l'état actuel de nos connaissances sur ces redoutables engins.

P. Brouardel : La Conférence sanitaire de Venise a adopte des mesures efficaces de désinfection des passagers et des navires suspects pour empêcher le choléra de pénétrer en Europe par l'isthme de Suez.

J. Riban : La plupart des eaux réputées ferrugineuses, telles qu'elles sont conservées pour la consommation, perdent ou la totalité ou la majeure partie de leur fer qui se précipite, et la petite quantité qui reste en dissolution s'y trouve à l'état ferrique. Elles ne peuvent donc pas être envisagées comme un reconstituant ferrugineux.

N° 26. **O. Bonnet** est mort le 22 juin 1892, et **Mouchez**, le 25 juin.

Arloing a démontré, sans recourir à des filtres minéraux, que les bacilles charbonneux déversent une substance phylacogène dans les bouillons de culture, et cette substance fait partie du groupe des matières qui, dans les cultures, sont solubles dans l'alcool.

J. J. Landerer conclut de ses observations sur la lumière de Vénus qu'elle n'est pas polarisée, et que, par suite, cette planète est entourée d'une couche très épaisse de nuages.

Balland : Contrairement à une opinion émise récemment, l'air, l'eau, le vin, la bière, le cidre, le café, le lait, l'huile, le beurre, la graisse, l'urine, la salive, la terre ont moins d'action sur l'aluminium que sur les métaux ordinaires (fer, cuivre, plomb, zinc, étain). Le vinaigre et le sel marin l'attaquent, il est vrai, mais dans des proportions qui ne sauraient compromettre son emploi.

A. Giard fait connaître de nouveaux cas de pœcilogonie. Il appelle ainsi la particularité que présentent certains animaux appartenant à une même espèce de suivre un développement ontogénique différent en divers points de leur habitat ou même dans une localité unique, mais dans des conditions éthologiques variées. On peut rattacher à la pœcilogonie, la génération alternante, la parthénogénèse, les phénomènes que présente l'Axolotl, etc.

Viault a constaté, au Pic du Midi, pour l'homme et les animaux, mais surtout pour les animaux, une augmentation du nombre des globules du sang.

Charrin et Phisalix ont obtenu une abolition persistante de la fonction chromogène du *Bacillus pyocyaneus*.

Auwers est nommé correspondant de l'Académie en remplacement d'Oppolzer.

P. M.

Bruxelles. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

M. DE QUATREFAGES

ET

L'ANTHROPOLOGIE

Notre titre indique déjà aux lecteurs de la *Revue* quelle partie de l'œuvre scientifique de M. de Quatrefages nous nous proposons d'étudier dans ces pages. C'est la partie la plus considérable, celle à laquelle il a consacré le plus de publications de toutes sortes : cours, livres nombreux et volumineux, articles du *Journal des savants*, de la *Revue des Deux-Mondes*, de la *Revue scientifique*, etc., brochures et notes, et nous osons ajouter, malgré le mérite de ses autres travaux, que c'est aussi la portion la plus intéressante de son œuvre. Il aurait voulu que non seulement les savants de profession, mais tous les hommes instruits apportassent à l'étude de l'espèce humaine et des questions qui s'y rattachent un peu de cette curiosité et de cette activité qui se dépensent pour tant d'autres problèmes ! « Mirantur homines, » écrit-il quelque part, citant saint Augustin, « altitudines montium, ingentes fluctus maris, altissimos lapsus fluminum, et oceani ambitum, et gyros siderum, et *relinquunt seipsos nec mirantur !* »

Voulant faire connaître les principales idées de M. de Quatrefages sur l'anthropologie, nous ne pouvions mieux faire que de lui emprunter l'expression même de sa pensée, expression toujours claire, toujours simple, toujours empreinte de cette loyauté scientifique et de cette haute impartialité que ses adversaires mêmes sont forcés de reconnaître. On ne s'étonnera donc ni de l'abondance, ni de la longueur de nos citations. Nous ne songeons pas à nous en excuser, car notre seul mérite consiste dans le choix que nous en avons fait, et dans la façon dont nous avons essayé de les grouper pour la plus grande utilité du lecteur.

Le point le plus délicat consistait dans le classement de ces riches matériaux. Celui que nous avons adopté n'est pas parfait, nous le savons, mais il a au moins l'avantage de faire passer sous les yeux de tous la plupart des questions traitées par le savant professeur. Voilà pourquoi nous l'avons préféré à beaucoup d'autres. Dans un premier article, nous étudierons, à la suite de M. de Quatrefages, les *questions d'anthropologie générale;* — nous dirons, dans un second, quelles solutions il a apportées aux problèmes soulevés par les *découvertes préhistoriques,* — et, dans un troisième, comment il a compris et fixé la *classification* des nombreux groupes humains répandus sur la surface du globe.

I

QUESTIONS D'ANTHROPOLOGIE GÉNÉRALE.

M. de Quatrefages a dû se prononcer, dans son enseignement et dans ses écrits, sur *trois* questions fondamentales, objet de controverses passionnées, pour la solution desquelles on n'a pas toujours fait appel aux seuls arguments scientifiques. Ces questions, les voici :

1° Quelle est *l'origine* de l'espèce humaine? Faut-il voir dans l'homme, tel que nous le connaissons, le dernier terme d'une évolution dont l'origine se perd dans la nuit des temps; — ou bien doit-on croire à la fixité de l'espèce humaine, comme des autres espèces végétales et animales? En un mot, il a dû choisir entre le transformisme et la doctrine de la fixité des espèces.

2° Faut-il compter *une* ou *plusieurs* espèces humaines? La différence si grande entre le Blanc et le Nègre, les deux termes extrêmes de la série, n'oblige-t-elle pas à accepter la seconde hypothèse? Monogénisme et polygénisme se combattent; il faut absolument se prononcer pour l'un ou l'autre système.

3° Si l'on est polygéniste, on est par suite *autochtoniste*, et chaque espèce a été faite pour le pays qu'elle habite. Mais si l'on est monogéniste, comment expliquer *la diffusion de l'espèce humaine* sur tout le globe? Où en placer le centre d'apparition, et comment rendre raison de son rayonnement par toute la terre? Ces migrations sont-elles vraisemblables?

A la solution de ces trois questions, le savant et regretté professeur du Muséum a consacré de très nombreux écrits. Il n'entre pas dans mon dessein de les analyser par le menu; il a du reste rendu la tâche plus facile en revenant constamment sur les mêmes arguments et les mêmes faits, tous de l'ordre purement scientifique.

§ 1. *Origine de l'espèce humaine.*

Quoique nous nous bornions à étudier M. de Quatrefages comme anthropologiste, il y a cependant intérêt et profit à relater ses opinions sur l'origine des espèces végétales et animales, et à cause de l'importance qu'a prise la question de nos jours, et à raison du nombre des travaux qu'il y a consacrés, et surtout à cause de la connexité de

cette question générale avec celle de l'origine de l'espèce humaine. La solution qu'on donne à la première entraîne celle qu'on doit apporter à la seconde, comme le remarque très à propos M. de Quatrefages. « Par cela seul que l'homme fait partie de l'empire organique, et quoiqu'il ait des caractères tellement propres et exceptionnels qu'il a fallu en faire un règne à part, l'homme est avant tout organisé et vivant. A ce titre, il est soumis à toutes les lois qui régissent tous les autres êtres organisés et vivants, les végétaux aussi bien que les animaux. Il est le siège de phénomènes analogues à ceux qui s'accomplissent dans les deux autres règnes, et son histoire ne peut que ressembler à la leur pour tout ce qui touche aux faits généraux » (1).

Or, sur cette question générale, le naturaliste peut adopter l'une ou l'autre de ces solutions. Il peut croire que les milliers d'espèces animales et végétales ont apparu isolément et sont indépendantes l'une de l'autre : c'est ce que l'on appelle la doctrine de la fixité des espèces ; ou bien qu'elles dérivent l'une de l'autre, par une suite ininterrompue de transformations, dont l'origine remonte aux premiers temps géologiques : ce sont les doctrines évolutionnistes, très en vogue aujourd'hui, et qui présentent de nombreuses variétés. « Mais quels que soient leur point de départ et leurs conséquences dernières, ces théories s'accordent pour regarder une partie ou la totalité des espèces actuelles comme descendant d'espèces qui les avaient précédées, par conséquent pour voir, dans l'empire organique, tel que nous le connaissons, le développement, la transformation d'un état de choses antérieur. Elles rentrent, à divers titres, dans ce qu'on a appelé, en Angleterre, les théories de l'*évolution* ou de la *dérivation*, dans ce que divers écrivains du continent ont appelé la

(1) *Histoire générale des Races Humaines. — Introduction à l'étude des Races Humaines, Questions générales.* Paris, Hennuyer, 1887, p. 12.

doctrine du *transformisme*. Cette dernière expression, dit le professeur, me semble préférable » (1).

C'est donc entre la fixité des espèces et le transformisme que M. de Quatrefages avait à prendre un parti, et ce parti, il l'a pris résolument, et y est resté fidèle jusqu'à la fin, ne cessant dans ses cours et dans ses livres de revenir sur les raisons d'ordre scientifique qui avaient déterminé sa conviction première et que nous allons passer rapidement en revue. Nous n'avons pas à donner une réfutation complète du transformisme, encore moins des diverses formes qu'il a revêtues et dont le darwinisme est la plus séduisante, mais à faire voir *quels arguments* surtout M. de Quatrefages faisait valoir contre ces systèmes, le dernier mot de la science au dire de leurs partisans.

A ceux qui s'étonneraient de son insistance à combattre ces doctrines, il fait cette réponse, dont l'histoire des sciences montre la vérité. « Une erreur accréditée et généralement acceptée n'a pas seulement pour résultat de tromper le présent, elle compromet en outre l'avenir. Quand la vérité arrive à son heure, le premier, le plus grand obstacle qu'elle rencontre, c'est précisément cette erreur qu'il lui faut d'abord chasser, et la lutte est parfois longue et difficile. L'histoire des sciences nous fournirait bien des exemples à l'appui de ces paroles » (2).

Et quant à l'ordre d'arguments dans lesquels il prétend se tenir exclusivement, voici ce qu'il en dit : « La doctrine de Darwin (et en général les hypothèses transformistes) a été acclamée par les uns au nom de la philosophie et du progrès, anathématisée par d'autres au nom des idées religieuses ; toute une littérature spéciale reproduit et répète ces deux appréciations opposées. Or, au milieu de ces tempêtes, on a méconnu trop souvent tantôt dans un

(1) *Darwin et ses Précurseurs français. — Étude sur le Transformisme*, 2e édit. Paris, Alcan, 1892, p. 14.

(2) Revue scientifique rose. *Le Transformisme, la philosophie et le dogme*. 19 mai 1888, p. 610.

sens, tantôt dans l'autre, la signification et la portée réelle des idées de l'auteur. C'est contre cette double tendance que j'ai cherché à réagir. Naturaliste et physiologiste, c'est au nom seul des sciences naturelles que j'ai voulu parler. Montrer au juste ce qu'est cette doctrine, faire ressortir ce qu'elle renferme de vrai, mais aussi ce qu'elle a d'inacceptable, examiner quelques-unes des déductions qu'on a cru pouvoir en tirer, et faire à chacune sa part, tel est le but de ce travail » (1).

Fidèle à ce programme, M. de Quatrefages a consacré un livre entier, sans parler de ses cours, à l'examen du darwinisme, la plus séduisante et la plus scientifique en apparence des hypothèses transformistes. C'est à la dernière édition de ce livre, parue en 1892, que seront empruntées la plupart de mes citations.

I. Darwin et ses disciples invoquent d'abord des faits qui sont incontestables, pour en tirer des lois générales qui sont la clef de tout leur système, et lui donnent l'apparence d'un édifice solidement construit. M. de Quatrefages ne nie ni tous les faits, ni toutes les lois sur lesquels s'appuie le transformisme. C'est ainsi par exemple qu'il reconnaît l'importance que Darwin attache à la *lutte pour l'existence* ou *concurrence vitale* qui s'établit forcément entre les diverses espèces animales et végétales, et qui règle leur propagation ou leur extinction. « Une seule espèce, dit-il, multipliée sans pertes et sans obstacles aurait rapidement envahi la terre tout entière », et il cite des exemples. « Une paire d'éléphants par exemple (l'éléphant n'a qu'un petit à la fois), si l'on suppose que chaque femelle ne produit que trois couples de jeunes en 90 ans, arriverait au bout de 740 à 750 ans à produire près de 19 millions d'individus. » Il en est de même des êtres les plus petits, du puceron entre autres : « Des données recueillies par Bonnet et d'autres naturalistes il résulte

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 11.

que si, pendant un été, les fils et petits-fils d'un seul puceron arrivaient tous à bien, et se trouvaient placés à côté les uns des autres, à la fin de la saison ils couvriraient environ quatre hectares de terrain. Évidemment si le globe entier n'est pas envahi par les pucerons, c'est que le chiffre des morts dépasse infiniment celui des survivants. Enfin il est clair que si la multiplication des morues, des esturgeons, dont les œufs se comptent par centaines de mille, n'était arrêtée d'une manière quelconque, tous les océans seraient comblés en moins d'une vie d'homme » (1).

Cette lutte pour l'existence, évidente chez les animaux, n'est ni moins réelle ni moins meurtrière chez les plantes. « Nos chardons ont envahi les plaines de la Plata, jadis occupées uniquement par des herbes américaines. Ils y couvrent aujourd'hui à peu près seuls des étendues immenses, et qui se mesurent par lieues carrées. En revanche, Darwin a appris de la bouche du regretté docteur Falconer que certaines plantes américaines importées dans l'Inde s'étendent aujourd'hui du cap Comorin jusqu'à l'Himalaya. Dans les deux cas, les espèces indigènes ont évidemment succombé devant une véritable invasion étrangère » (2). Et il conclut avec Darwin : « La lutte pour l'existence est donc un fait général, incessant. Sous le calme apparent de la plus riante campagne, du bosquet le plus frais, de la mare la plus immobile, elle se cache, mais elle existe, toujours la même, toujours impitoyable. Il y a vraiment quelque chose d'étrange à arrêter sa pensée sur cette guerre sans paix, sans trêve, sans merci, qui ne s'arrête ni jour ni nuit, et arme sans cesse animal contre animal, plante contre plante » (3).

Voici encore un autre fait sur lequel Darwin a appelé l'attention, et qu'ont mis hors de doute les travaux de nos

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 95.
(2) *Ibid.*, p. 97.
(3) *Ibid.* (1892), p. 98.

plus célèbres paléontologistes. « Ce fait est l'étroite parenté qui relie parfois dans une même contrée les vivants et les morts. Les faunes fossiles tertiaires de certaines régions présentent en effet avec la faune de nos jours des affinités d'autant plus frappantes que cette dernière est plus exceptionnelle. L'Australie avec ses marsupiaux, l'Amérique méridionale avec ses édentés, la Nouvelle-Zélande avec ses singuliers et gigantesques oiseaux sont autant d'exemples remarquables de ce que Darwin appelle la *loi de succession des types*. Il est évident que ce n'est qu'un cas particulier, mais très curieux, de la *loi de caractérisation permanente*, maintenant à un haut degré le cachet d'un type donné pendant le développement d'espèces nouvelles, de genres nouveaux, et à travers les changements subis par la croûte du globe » (1).

Mais à côté de ces faits qui cadrent avec la théorie transformiste, M. de Quatrefages en signale d'autres non moins importants qu'elle laisse inexpliqués. Comment par exemple accorder la permanence des formes animales ou végétales avec les théories qui supposent la mutabilité des espèces? Or cette permanence ne peut être niée. Voici pour ce qui concerne l'époque actuelle : « Depuis longtemps et surtout depuis qu'elle est facilement accessible aux Européens, l'Égypte nous a ouvert ses hypogées ; la science y a puisé largement. En comparant les espèces animales et végétales qu'on y a recueillies à celles qui vivent de nos jours, on n'a jamais trouvé aucune différence. Sur ce point, toutes les études faites par les botanistes aussi bien que par les zoologistes ont confirmé les conclusions de la commission chargée d'examiner les collections rapportées d'Égypte par Geoffroy-St-Hilaire. Voilà donc six mille ans environ que ces espèces n'ont pas varié, en supposant que les échantillons les plus anciens ne remontent qu'à la quatrième dynastie. Or soit chez les

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 120.

plantes, soit chez les animaux, on a pu souvent étudier les parties les plus délicates, et constater qu'elles n'ont pas changé » (1).

« Mais au delà vient toute la période quaternaire, pendant laquelle vivaient chez nous des mammifères dont les uns habitent encore nos montagnes, comme le bouquetin et le chamois, dont d'autres ont émigré, comme le lemming en Suède, l'antilope saïga en Sibérie, le bœuf musqué à la baie d'Hudson, et la comparaison des squelettes a permis d'affirmer l'identité des individus vivants et de leurs ancêtres fossiles. L'étude des mollusques gastéropodes terrestres a conduit à la même conclusion. Dans les alluvions de la Côte-d'Or, contenant des ossements de mammouth, M. J. Baudouin a recueilli les coquilles de treize espèces de ce groupe. Douze de ces espèces vivent encore dans la même localité » (2). Voilà donc un fait très remarquable que le darwinisme laisse sans explication.

Darwin n'explique pas davantage l'absence des variétés intermédiaires dans les formations géologiques, non plus que la persistance des types inférieurs. Nous ne pouvons suivre M. de Quatrefages dans l'examen de ces *desiderata* du darwinisme, mais il est permis de conclure que déjà l'observation des faits inexpliqués par la doctrine transformiste commande des hésitations.

II. Ces hésitations se changent en condamnation, s'il s'agit de *certains procédés*, de certains arguments auxquels l'école transformiste en appelle trop souvent. M. de Quatrefages réprouve sans hésitation ces procédés, et il a raison, car la vraie science ne peut que s'en défier.

Que prouvent, en effet, quand il s'agit d'établir *ce qui est*, et non *ce qui pourrait être*, des appels aux convictions personnelles, à la possibilité ou à l'inconnu? C'est pourtant là ce qu'on retrouve fréquemment dans les écrits de Darwin et de ses disciples.

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 156.
(2) *Ibid.*, p. 157.

« Qu'on parcoure les divers écrits dont j'ai parlé, on y verra partout les mêmes formules employées à chaque instant pour rendre compte des phénomènes. *Je conçois*, nous dit B. de Maillet, que le poisson se change en oiseau comme la chenille en papillon. *N'est-il pas possible*, répète bien des fois Lamarck, que le désir et la volonté poussent sur un point déterminé les fluides subtils d'un corps vivant, et déterminent ainsi l'apparition de l'organe dont le besoin se faisait sentir? La conviction personnelle, la simple possibilité sont ainsi présentées comme autant de preuves ou tout au moins d'arguments en faveur de la théorie.

» Or pouvons-nous leur reconnaître cette valeur? Évidemment non. L'esprit humain a conçu bien des choses, est-ce une raison pour les accepter toutes? A ce compte, il faudrait croire également aux systèmes les plus opposés. Quiconque part d'une hypothèse et raisonne logiquement, habitue peu à peu son esprit à concevoir les conséquences des prémisses qu'il a lui-même posées. Mais que l'hypothèse change, les conceptions changent aussi. Voilà comment Geoffroy-Saint-Hilaire, partant de la tératologie et de l'embryogénie, concevait parfaitement la déviation brusque des types animaux, et déclarait évidemment inadmissibles les modifications lentes, seules concevables, seules possibles dans l'hypothèse de Lamarck. Darwin aussi ne conçoit que ces dernières, et il insiste presque à chaque page de son livre sur la possibilité de ces transformations » (1).

L'appel que Darwin fait à l'*inconnu* n'est pas plus légitime, au point de vue scientifique, que l'appel à la possibilité. Souvent il proclame hautement ce que le savoir actuel a d'incomplet; mais, au lieu de trouver un motif de réserve dans ce défaut de notions précises, il semble y puiser une hardiesse nouvelle. Les doctrines reposant

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 138.

sur l'instabilité des espèces ont été souvent combattues par les paléontologistes et les géologues, — nous venons de le voir. Pour répondre à leurs objections, Darwin consacre un chapitre entier à démontrer l'insuffisance des documents fournis par les sciences qui ont pour objet le passé de notre globe.

« Quant à ce qui me concerne, dit-il, je considère les certitudes géologiques comme une histoire de notre globe qui a été incomplètement conservée, écrite dans un dialecte changeant, et dont nous ne possédons que le dernier volume, traitant de deux ou trois pays seulement. De ce volume, quelques fragments de chapitres et quelques lignes éparses de chaque page sont seuls parvenus jusqu'à nous. Chaque mot de ce langage changeant lentement, plus ou moins différent dans les chapitres successifs, peut représenter les formes qui ont vécu, sont ensevelies dans les formations consécutives, et nous paraissent à tort avoir été brusquement introduites. Cette manière de voir atténue beaucoup, si elle ne les fait pas disparaître, les difficultés que nous avons discutées dans le présent chapitre.

« A mon tour je demanderai si cette conclusion est bien légitime. Darwin est-il autorisé à présenter comme autant de preuves en sa faveur *les lacunes* mêmes de la science, à en appeler aux volumes, aux feuillets perdus du livre de la nature? Évidemment non » (1).

Cet appel à l'inconnu se révèle surtout dans ces périodes de temps incalculables, dont les traces nous échappent et que Darwin et ses émules réclament pour donner à leurs transformations le temps de se produire. Là encore est-ce à l'expérience qu'ils s'adressent? Non. « Dans sa pensée, en effet, les terrains superposés et en apparence de formation continue n'ont été déposés qu'à des époques séparées par d'innombrables siècles; tout ce qui s'est passé

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), pp. 150-151.

dans l'intervalle nous échappe. Là est pour lui l'explication de la difficulté. Mais en vérité n'est-il pas malheureux pour ses idées que tant de faits témoignant contre elles aient été conservés dans ce qui nous reste du grand livre, et que toujours ceux qui auraient plaidé en leur faveur aient été inscrits dans les volumes égarés, sur les feuillets perdus ? » (1)

Il est difficile de ne pas reconnaître la justesse de ces observations, et d'accepter des raisonnements de cette nature qui ne reposent que sur l'arbitraire.

III. Mais le principal argument de M. de Quatrefages contre les transformistes se tire de *la confusion* qu'ils font sans cesse *entre l'espèce et la race*, pour nier la fixité de la première. Or le docte professeur repousse énergiquement cette confusion comme anti-scientifique.

Il croit qu'il existe entre l'*espèce* et la *race* une différence fondamentale, et que cette différence réside avant tout dans le lien physiologique qui relie ensemble les races les plus diverses, et en rend le croisement indéfiniment fécond, c'est ce qu'on appelle *métissage;* — tandis que les espèces, caractérisées par l'absence de ce lien physiologique, ne peuvent être croisées entre elles sans violenter les lois de la nature, et sans que les descendants, quand il y en a, ne retournent à l'un des types parents, après un nombre fort limité de générations, c'est ce qu'on nomme *hybridation*.

Métissage ou hybridation, telle est donc la différence fondamentale qui existe entre la race et l'espèce; et cette différence n'est pas une affaire de convention ou de mots: elle est bien réelle, car elle repose sur la présence ou l'absence d'un lien physiologique.

D'ailleurs, pour se convaincre que la distinction à laquelle M. de Quatrefages attache tant d'importance n'est pas de pure fantaisie, il suffit de considérer les résultats

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 163.

si différents produits par le métissage et l'hybridation. Nous en empruntons la description à l'*Histoire générale des Races Humaines*. « Des observations mille fois répétées, des expériences directes faites avec une précision universellement reconnue, reprises avec toutes les ressources de la science moderne, ont absolument mis hors de doute que les résultats du *métissage* et ceux de l'*hybridation* ne se ressemblent nullement, c'est-à-dire que lorsqu'on croise deux individus de races différentes, mais de même espèce, les phénomènes sont tout autres que lorsqu'on croise deux individus d'espèces différentes. Il y a donc, dans ces phénomènes, un moyen simple et pratique de reconnaître si deux groupes d'individus, qui diffèrent par n'importe quels caractères, représentent deux espèces distinctes, ou seulement deux races d'une seule et même espèce.

» Le métissage, c'est-à-dire *le croisement entre races*, s'accomplit spontanément tous les jours dans nos jardins comme dans nos fermes, entre les races les plus dissemblables de plantes ou d'animaux ; la difficulté n'est pas de le produire, mais de s'en garantir ; il est aussi fécond, parfois plus fécond que l'union entre individus de même race ; la superfétation s'est montrée chez les animaux comme chez les végétaux ; les individus issus de ce croisement conservent toute leur fécondité, et donnent chaque jour naissance à des suites de générations métisses qui peuvent se propager indéfiniment ; il en est de même du croisement entre tous les métis d'une même espèce, si bien que Darwin a pu réunir dans un seul individu le sang des cinq races les plus différentes de pigeons, sans que la fécondité fût altérée. Enfin lorsque, par suite d'un croisement unilatéral ou toute autre circonstance, les caractères dus à l'un des types parents semblent avoir disparu pour toujours de ces races métisses, on les voit se reproduire, même après de nombreuses générations, par des phénomènes d'*atavisme*.

» L'hybridation, c'est-à-dire *le croisement entre espèces*, ne s'accomplit spontanément que dans des cas excessivement rares, même chez les végétaux, encore plus chez les oiseaux, et à peine peut-il en être question chez les mammifères.

» L'industrie humaine a pu seule multiplier ces sortes d'unions, en même temps qu'elle a permis de constater les limites étroites de leur possibilité. Quand on parvient à les réaliser, à peu près constamment la fécondité est diminuée, souvent dans des proportions énormes. Il n'y a jamais de superfétation. Les hybrides résultant de ces unions sont d'ordinaire ou entièrement inféconds ou peu féconds; dans ce dernier cas, lorsqu'on les marie entre eux, la fécondité décroît rapidement, et disparaît généralement au bout d'un très petit nombre de générations chez les animaux; il en est habituellement de même chez les végétaux. Quand elle dure pendant quelques générations, *la variation désordonnée* se montre, et *les phénomènes de retour* ramènent à l'un ou l'autre des deux types purs, parfois à tous les deux, ces descendants d'hybrides. Jamais on n'a observé de phénomènes d'atavisme chez les fils ou petits-fils des individus retournés à l'un des types parents primitifs » (1).

Ce tableau des différences du métissage et de l'hybridation, M. de Quatrefages ne l'a pas tracé *à priori;* il résulte de tous les faits observés par les naturalistes, les éleveurs, les botanistes, les amateurs, faits que le professeur du Muséum a passés au crible de son impartiale critique, et qu'on devra examiner avec lui, si l'on veut se faire une opinion raisonnée sur cette délicate question.

Alors seulement on reconnaîtra la légitimité et la sagesse de sa conclusion générale : « L'infécondité entre espèces a, dans le monde organique, un rôle à peu près

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie : *Questions générales*, pp. 45-46.

analogue à celui que joue la pesanteur dans le monde sidéral. Elle maintient la distance zoologique ou botanique entre les espèces, comme l'attraction maintient la distance physique entre les astres..... L'art humain pourra enfanter des résultats qui sembleront d'abord ne pas se plier aux règles de l'hybridation; il l'a déjà fait une fois, il le fera sans doute encore. Il n'aura pour cela ni changé la loi naturelle et générale, ni démontré qu'elle n'existe pas..... Et ce n'est pas seulement à notre époque et aux temps relativement modernes que s'applique ce qui précède. Tout, en effet, nous conduit à conclure que les lois n'ont pas plus changé dans le monde organique que dans le monde inorganique, et que, dès les temps paléontologiques, l'*hybridation* et le *métissage* réglaient le rapport des espèces et des races, comme ils le font de nos jours. Admettre qu'il a pu en être autrement d'une manière soit régulière, soit accidentelle, c'est opposer à tout ce que nous savons sur le présent et le passé de notre globe, *le possible, l'inconnu,* en d'autres termes *l'hypothèse* prenant pour point de départ notre ignorance même. Entre ces deux sortes de motifs de conviction, je ne saurais hésiter.

» Voilà pourquoi je ne puis trouver dans une transformation graduelle et lente l'origine des espèces; pourquoi je ne puis accepter, même à titre provisoire, aucune doctrine reposant sur cette idée générale, pourquoi *au nom de la science* je combats aujourd'hui, comme je l'ai toujours fait, le darwinisme, aussi bien que les hypothèses de Lamarck, et tous les systèmes transformistes » (1).

IV. Ces préliminaires un peu longs nous permettront d'exposer avec plus de brièveté les idées de M. Quatrefages sur *l'origine de l'espèce humaine.*

Il est évident en effet que, puisque le savant professeur rejette toute donnée transformiste pour expliquer la formation des espèces animales et végétales, il doit logique-

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), pp. 260-261.

ment étendre cette exclusion jusqu'à l'homme, et c'est ce qu'il fait, mais d'une manière plutôt négative que positive. Sa méthode, en effet, consiste à réfuter les arguments de ses adversaires en faveur d'une origine de l'homme obtenue par la transmutation, quel que soit d'ailleurs l'ancêtre qu'on donne à nos premiers parents.

On sait en effet que, sur ce point capital comme sur beaucoup d'autres, les transformistes ont cessé de s'entendre. « Les disciples de Darwin sont loin d'avoir conservé dans sa pureté la doctrine du maître. Le darwinisme, qui a pris de bonne heure des allures singulièrement dogmatiques, possède encore un grand nombre de croyants orthodoxes. Mais il a aussi ses hérésiarques, et ceux-ci ne sont pas les moins haut placés parmi les savants contemporains. » Il suffit de nommer Huxley, Filippi, Vogt, M. Gaudry, etc.

Dans l'impossibilité où nous sommes de nous aventurer sur ces terrains divers, nous nous en tiendrons à l'idée la plus connue, celle de *l'origine simienne* de l'homme, et nous dirons par quels arguments M. de Quatrefages repousse la doctrine de Darwin et de Haeckel qui s'accordent à voir, dans notre ancêtre, un descendant des singes. « Tout en faisant observer que notre ancêtre simien ne devait ressembler, même de loin, à aucun des singes vivants, Darwin le place sans hésiter parmi les *Catarrhiniens*, c'est-à-dire dans la famille des singes de l'ancien continent ayant les narines ouvertes en dessous et une queue. Il n'y a, dit-il, aucun doute que l'homme ne soit un embranchement de la souche simienne de l'ancien monde, et qu'au point de vue généalogique il ne doive être classé dans la division catharrine » (1).

Or, à cette généalogie, M. de Quatrefages oppose tout d'abord Darwin lui-même et sa *loi de caractérisation permanente*, une de celles qui prêtent au darwinisme le plus

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), pp. 268-269.

de séduction, et sur laquelle le savant anglais a le plus insisté dans son ouvrage fondamental.

« En effet, quand on compare isolément et terme à terme les éléments anatomiques de l'homme et des singes, surtout des singes supérieurs, on constate, il est vrai, des ressemblances très réelles. Pourtant ces ressemblances sont bien moins accusées qu'on ne serait tenté de le croire en lisant les écrits de quelques auteurs. Il s'est produit à cet égard des exagérations contre lesquelles Huxley lui-même s'est cru obligé de protester énergiquement. Bien loin que les différences entre l'homme et les singes les plus élevés soient petites et insignifiantes, « elles sont, » dit-il, considérables et significatives. Chaque os de » gorille porte une empreinte par laquelle on peut le » distinguer de l'os humain correspondant. Et, dans la » création actuelle tout au moins, aucun être intermédiaire » ne comble la brèche qui sépare l'homme du troglodyte. » Nier l'existence de cet abîme serait aussi blâmable » qu'absurde. »

» Ces différences de détail ne pourraient d'ailleurs arrêter un transformiste convaincu comme Huxley. Elles s'expliquent sans trop de peine par la théorie générale. Il en est autrement lorsqu'on envisage les organismes humain et simien dans leur ensemble, et que l'on tient compte des corrélations des parties qui les composent. Alors on reconnaît à première vue que *le plan général* est fort différent, et correspond à deux genres de vie bien distincts. Chez l'homme, les membres inférieurs et toutes leurs dépendances l'emportent très notablement sur les membres supérieurs. C'est presque le contraire chez les singes, où tout ce qui se rattache aux membres supérieurs et ces membres eux-mêmes sont relativement bien autrement développés que chez nous. Ce contraste est des plus accusés précisément chez les représentants les plus élevés du type, chez l'orang et le gorille par exemple. Aussi l'homme est-il essentiellement *marcheur*, le singe essen-

tiellement *grimpeur*. Eh bien ! en vertu de *la loi de caractérisation permanente*, il est impossible qu'un marcheur descende d'un grimpeur.

» Ajoutons que les observations de Pruner-Bey sur l'apparition successive des dents, de Broca sur l'angle orbito-occipital, de Gratiolet sur le mode de constitution des circonvolutions cérébrales, de Welcker sur l'angle sphénoïdal ont mis hors de doute que, chez l'homme et chez les singes, le développement des divers appareils fonctionnels se fait dans un ordre inverse. Or, il est évident, surtout d'après les principes les plus fondamentaux du darwinisme, qu'un être organisé ne peut descendre d'un autre être dont l'évolution organique se fait, même partiellement, en sens inverse de la sienne.

» Je crois donc pouvoir répéter avec assurance ce que j'ai dit depuis longtemps : en dehors des raisons scientifiques générales pour lesquelles j'ai toujours cru devoir repousser les théories transformistes, et même en acceptant ces théories pour vraies, il est impossible que l'homme compte un singe quelconque parmi ses ancêtres » (1).

La théorie simienne pèche donc d'abord contre la logique, elle est en contradiction avec les principes mêmes du transformisme. « Sans manquer aux égards dus à l'illustre théoricien anglais, on peut dire que ses idées au sujet des origines de l'homme ne lui ont pas été heureuses. Elles l'ont conduit, lui habituellement très logique, à se mettre en contradiction avec une des lois les plus essentielles de sa doctrine, à oublier sa théorie de l'ancêtre commun, et à se laisser aller, dans l'appréciation de faits de nature identique, à un arbitraire inconciliable avec toute méthode scientifique » (2).

Darwin n'a pas été plus heureux lorsqu'il a cherché à

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie : *Questions générales*, pp. 55-56.

(2) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 279.

montrer par quelles transformations l'homme est devenu ce qu'il est. M. de Quatrefages emprunte à un autre transformiste convaincu, à Wallace, de quoi réfuter le maître. Pour cela, il a suffi au disciple de montrer que *la sélection naturelle* n'a pas pu façonner et parachever l'être humain, tel que nous le connaissons, ni dans son organisme physique, ni dans ses facultés mentales.

« Wallace a fait à la pensée que *le corps humain* puisse dériver de celui du singe, par la seule action de la sélection naturelle, une objection d'autant plus grave qu'elle repose sur les principes les plus élémentaires de cette sélection. Il est évident, et Darwin le dit à diverses reprises dans tous ses ouvrages, qu'elle repose *sur l'utilité personnelle immédiate* de la variation qui la met en jeu. Il résulte de là qu'elle ne peut développer *une variation inutile.* Par conséquent aucun organe ne peut acquérir par elle un développement supérieur à celui qu'exigent ses fonctions actuelles, ses usages immédiats.

» Or si l'on compare anatomiquement les derniers sauvages aux populations les plus civilisées, on constate que les organes présentent chez les uns et chez les autres une structure, des dispositions identiques. En particulier la main, le larynx sont dans ce cas. Mais, chez le civilisé, la main exécute souvent des mouvements dont le sauvage n'a aucune idée. Wallace aurait pu citer comme exemple l'agilité des doigts de nos pianistes. Il en est de même du larynx. Le chant des sauvages ne ressemble en rien à celui de nos cantatrices ; ce n'est qu'un cri plaintif plus ou moins monotone, et les femmes ne chantent en général pas du tout. Ce que le sauvage apprécie dans la femme, c'est la santé, la force, la beauté animale. La sélection sexuelle n'a donc pu développer cette admirable faculté qui ne s'exerce que chez les peuples civilisés. Le larynx du sauvage est donc un organe perfectionné au delà des besoins actuels, et les détails délicats de son organisation

n'ont pas pu être le résultat de la sélection naturelle. La main, le larynx du sauvage possèdent *des facultés latentes* dont l'existence ne peut en aucune façon être attribuée à cette sélection » (1).

« L'étude du cerveau conduit Wallace aux mêmes conclusions... Ainsi, ajoute-t-il, soit que nous comparions le sauvage au type le plus perfectionné de l'homme, soit que nous le comparions aux animaux qui l'entourent, nous arrivons forcément à conclure qu'il possède, dans son cerveau grand et bien développé, un organe tout à fait hors de proportions avec ses besoins actuels. Par conséquent la grande dimension de cet organe chez lui ne peut pas résulter uniquement des lois d'évolution ; car celles-ci ont pour caractère essentiel d'amener chaque espèce à un degré d'organisation approprié à ses besoins et de ne jamais le dépasser » (2).

Voilà pour le développement physique. Quant aux caractères intellectuels et moraux, Darwin avait dit : « Il est fort probable que les facultés intellectuelles du genre humain se sont graduellement perfectionnées par sélection naturelle, conclusion qui suffit à notre objet. » A cela Wallace répond encore : « Il est possible que le développement des notions de justice abstraite et de bienveillance se soit opéré ainsi, parce que ces notions sont *utiles* aux tribus naissantes. » Mais les notions abstraites de temps et d'espace, d'éternité et d'infini, le sentiment artistique ne pouvaient être d'aucun usage à l'homme dans son état primitif de barbarie. Comment la sélection naturelle ou la survivance des plus aptes ont-elles pu favoriser le développement de facultés si éloignées des besoins matériels du sauvage ?... Selon Wallace, l'origine du *sens moral* soulève les mêmes difficultés. Les sauvages attachent une idée de *sainteté* à des actions considérées comme bonnes

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), pp. 282.
(2) *Ibid.*, (1892), pp. 284-285.

et morales, en opposition avec celles qui sont tenues pour simplement *utiles*. Il prend pour exemple la véracité qu'il oppose au mensonge, souvent si utile, si facilement excusé, et cite des tribus entières de l'Inde qui disent toujours la vérité...

« En somme, selon Wallace, quelque inférieur que soit le sauvage au point de vue du développement des facultés intellectuelles et morales, ces facultés existent chez lui à l'état latent, de même que la grandeur de son cerveau dépasse de beaucoup ses besoins dans son état actuel, *et la sélection naturelle est incapable de produire de tels résultats* » (1).

Ainsi le transformisme est impuissant à expliquer le développement de l'espèce humaine dans tous les sens, et à rattacher l'homme aux animaux les plus perfectionnés dans leur organisation.

Il faut ajouter que *les faits les mieux observés* donnent à l'origine simienne de l'homme le plus éclatant démenti. « Les découvertes paléontologiques jettent d'ailleurs de plus en plus de jour sur cette question. Pour si haut qu'elles remontent, toutes les fois qu'elles nous mettent en possession de restes humains, nous retrouvons sur ces ossements les caractères de l'homme, jamais ceux du singe.

» Personne n'a songé à signaler rien de pareil dans les os du tronc ou des membres de l'homme du Néanderthal, que Schaafhausen déclare être comparables en tout à ceux d'un Européen de taille moyenne et très robuste. Le crâne lui-même n'a rien de simien, malgré l'exagération de ses sinus frontaux, se traduisant au dehors par l'espèce de bourrelet arrondi dont on a tant parlé, malgré le peu de hauteur de sa voûte. Ce dernier défaut est compensé par la longueur et la largeur de l'ensemble, si bien que Huxley, dont le témoignage a ici une double autorité, a estimé la

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), pp. 286-287.

capacité crânienne à 1220 centimètres cubes. Le cerveau était donc aussi développé, chez cet homme fossile, que chez bien des individus appartenant à diverses races modernes, plus même qu'il ne l'est chez certains Parisiens, d'après les recherches de M. Topinard.

» Dans les autres crânes quaternaires, se rattachant au même type, les caractères craniens, exagérés chez l'homme du Néanderthal, s'atténuent d'ailleurs d'une manière frappante. Dans le crâne d'Éguisheim, plus encore dans celui de Canstadt, la voûte se relève considérablement ; les bosses sourcilières, déjà bien moins saillantes dans le crâne d'Éguisheim, moins encore dans celui de Canstadt, disparaissent presque entièrement dans le crâne féminin trouvé par M. Cocchi dans les argiles post-pliocènes de l'Olmo, près d'Arezzo. On avait d'ailleurs fort gratuitement attribué aux hommes de cette race un prognathisme très prononcé, accusant leur descendance simienne. La tête de Forbes Quarry, dont l'original a figuré à l'une de nos expositions, a permis de reconnaître que l'homme de Canstadt était tout aussi orthognathe que bien des populations actuelles » (1).

En résumé, « dolichocéphale ou brachycéphale, grand ou petit, orthognathe ou prognathe, l'homme quaternaire est toujours l'homme dans l'acception entière du mot. Toutes les fois que ses restes ont permis d'en juger, on a retrouvé chez lui le pied, la main qui caractérisent notre espèce ; la colonne vertébrale a montré la double courbure à laquelle Lawrence attachait une si haute importance, et dont Serres faisait l'attribut du règne humain tel qu'il l'entendait. Plus on étudie et plus on s'assure que chaque os du squelette, depuis le plus volumineux jusqu'au plus petit, porte avec lui, dans sa forme et ses proportions, un certificat d'origine impossible à méconnaître » (2).

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie : *Questions générales*, pp. 59-60.

(2) *L'Espèce Humaine* (1877), p. 220.

L'origine simienne de l'homme est donc battue en brèche et par les principes mêmes du transformisme, et par les faits les plus certains. M. de Quatrefages ne peut l'accepter, et fidèle à la logique non moins qu'aux découvertes scientifiques, il s'en est toujours tenu, pour l'homme comme pour les autres espèces animales et végétales, à l'antique doctrine de la fixité des espèces.

Mais si, *au nom de la science seule*, on lui demande d'aller plus loin, et d'expliquer les origines du monde où nous vivons, celle des êtres qui nous entourent et la nôtre propre, il répond : *Je ne sais pas*, sans nier toutefois que d'autres sciences, la théologie et la philosophie, n'aient le droit de donner la solution de ce difficile problème. « Ma seule prétention, dit-il dans son introduction au livre sur Darwin, est d'apporter à ces deux hautes branches du savoir humain la vérité scientifique, telle qu'elle m'apparaît après de longs et consciencieux travaux » (1).

§ 2. *Unité de l'espèce humaine.*

Y a-t-il *une* ou *plusieurs espèces* d'hommes ?

Cette seconde question n'a pas été moins débattue que la première. Le polygénisme, défendu par les philosophes du XVIIIe siècle au nom de la science et de la raison, a trouvé dans les passions sociales et politiques, en particulier aux États-Unis, un point d'appui d'autant plus difficile à ébranler qu'on était plus intéressé à le défendre. Des paléontologistes, des médecins, des entomologistes portant des noms célèbres ont adopté cette manière de voir.

D'autre part le monogénisme compte, parmi ses partisans, presque tous les naturalistes qui ont porté leur attention sur les phénomènes de la vie, et parmi eux les

(1) *Darwin et ses Précurseurs* (1892), p. 16.

plus illustres. En dépit de la différence de leurs doctrines, Buffon et Linné, Cuvier et Lamarck, Blainville et les deux Geoffroy, Müller le physiologiste et Humboldt le voyageur s'accordent sur ce point fondamental.

Chacun sait que M. de Quatrefages n'a jamais hésité à se proclamer monogéniste. Sa conviction sur ce point date de loin, et ses premiers travaux sur l'*Unité de l'Espèce Humaine* (1) ont paru, en 1860 et 1861, dans la *Revue des Deux-Mondes*.

Depuis il y est revenu bien des fois dans ses publications et dans ses cours; il a consacré à l'examen de cette question huit chapitres de son livre sur l'*Espèce Humaine*, et dans son *Histoire générale des Races Humaines*, publiée en 1887, il en fait un résumé très net et très clair. C'est à ces sources qu'il faut puiser les arguments que le savant professeur fait valoir en faveur du monogénisme, et que nous allons résumer.

Tout d'abord, — M. de Quatrefages ne juge pas inutile de le redire, — il nous rappelle que l'homme, étant un être organisé et vivant, doit obéir aux lois générales qui régissent tous les autres êtres organisés et vivants, les végétaux aussi bien que les animaux.

Ce principe admis, pour démontrer que tous les groupes humains, du Nègre au Blanc, sont *les diverses races d'une seule espèce humaine*, — et non autant d'espèces différentes et distinctes, il suffit d'établir les deux points suivants :

1° Que les différences morphologiques ou extérieures entre les divers groupes humains ne sont pas aussi considérables que celles qui existent entre certains végétaux ou animaux, lesquels n'en constituent pas moins *une seule espèce* aux yeux de tous les naturalistes.

2° Que le croisement entre les divers groupes humains

(1) C'est le titre d'un vol. in-12 paru en 1861, et qui n'est que la reproduction des articles de la REVUE DES DEUX-MONDES.

présente les *caractères du métissage*, et non ceux de l'*hybridation*, en d'autres termes que ces groupes, en s'unissant entre eux, se comportent comme le feraient, dans le règne animal, *les races d'une même espèce*, non des espèces différentes.

I. La première proposition atteint directement la doctrine polygéniste. En effet, à peu près tous les arguments de ses partisans reviennent à celui-ci : « il y a trop de différences entre le Nègre et le Blanc pour qu'ils puissent être de même espèce. » Il suffit donc de montrer que de races à races extrêmes, chez les animaux et les végétaux, les limites de variation sont à peu près constamment plus étendues que chez l'homme, et l'on aura sapé par la base la doctrine polygéniste.

Contentons-nous des animaux, et, avec M. de Quatrefages dans son livre sur l'*Espèce Humaine*, comparons-les à l'homme en choisissant quelques exemples frappants.

La coloration de la peau est un des caractères qu'on remarque le plus ; de là les noms de blanc, jaune et noir pour désigner les trois groupes fondamentaux de l'humanité. On pourrait la prendre pour un caractère spécifique, « si on ne la retrouvait dans plusieurs de nos *races* animales ; chez le chien, par exemple, dont la peau est habituellement noirâtre, et blanche chez le caniche blanc. Il en est de même chez les chevaux, et ce fait était déjà connu d'Hérodote, qui signale comme supérieurs aux autres les chevaux blancs à peau noire. A elles seules, nos races gallines présentent les trois couleurs extrêmes signalées chez l'homme. La poule gauloise a la peau blanche ; chez la cochinchinoise elle tire sur le jaune ; elle est noire chez les poules nègres. Le mélanisme est du reste plus développé chez les poules que chez l'homme » (1). Personne ne songe à faire du cheval à peau noire, de la poule nègre, etc..., autant d'espèces distinctes ; pourquoi trai-

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 36.

terait-on autrement l'espèce humaine? Ce serait contraire à toutes les lois de l'analogie.

Les modifications de la chevelure et des villosités chez l'homme conduisent à la même conclusion. « Qu'ils soient blonds ou noirs, fins et d'un aspect laineux comme chez le Nègre ou gros et raides comme dans les races jaunes et rouges ; que leur coupe transversale soit circulaire comme chez le Jaune, ovale comme chez le Blanc, ou elliptique comme chez le Nègre, les cheveux restent cheveux. Au contraire, la toison laineuse de nos moutons est remplacée par un jar court et lisse dans une partie de l'Afrique. En Amérique, il en est de même chez les moutons de la Madeleine, dès qu'on cesse de les tondre ; et en revanche, dans les hauts plateaux des Andes, les sangliers acquièrent une sorte de laine grossière » (1).

Voilà pour les caractères purement extérieurs. L'auteur de l'*Espèce Humaine* cite aussi un certain nombre de faits, relevant plus directement de l'anatomie, et où les variations se montrent plus étendues chez les animaux que chez l'homme, quoique personne n'ait songé pour cela à créer autant d'espèces distinctes.

« Chez le chien par exemple, il existe normalement aux pieds de devant cinq doigts bien formés, aux pieds de derrière quatre doigts complets et un cinquième rudimentaire. Ce dernier disparaît chez certaines espèces presque toutes de petite taille. Dans certaines grandes races au contraire, il se développe et devient égal aux quatre autres. Alors il y a formation d'os correspondants au tarse et au métatarse.

» Chez le porc, le pied normal porte deux petits doigts latéraux rudimentaires, et deux doigts médians ayant chacun leur sabot. Or, dans certaines races, déjà connues des anciens, il se développe un troisième doigt médian, et le tout est enveloppé dans un seul sabot. De *fissipède* qui est le type normal de l'espèce, la race devient *solipède*.

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 37.

» Rien de pareil ne se voit jamais chez l'homme. Dans toutes les races, les pieds gardent leur composition ordinaire, aussi bien chez le Boschisman que chez le Patagon (1)... »

« On aurait pu croire que la tête, à raison de l'importance des organes qui lui appartiennent, échapperait aux modifications. Il n'en est rien, et ici encore la variabilité se montre bien plus grande chez les animaux que chez l'homme. Depuis longtemps Blumenbach avait fait remarquer qu'il y a plus de différence entre la tête du cochon domestique et celle du sanglier, qu'entre celle du Blanc et du Nègre. Il n'est pas une de nos espèces domestiques dont les races ne se prêtent à la même appréciation : il suffit de rappeler les têtes des chiens boule-dogue, lévrier et barbet.

L'étendue des modifications que peut présenter la tête n'est nulle part mieux accusée que dans le bœuf camard, le gnato de Buenos-Ayres et de La Plata. Ce bœuf reproduit dans son espèce des modifications analogues à celles que le boule-dogue présente chez le chien. Toutes les formes sont plus raccourcies, plus trapues. La tête en particulier semble avoir éprouvé un mouvement général de concentration. La mâchoire inférieure, quoique raccourcie elle-même, dépasse la supérieure, si bien que l'animal ne peut brouter aux arbres. Le crâne est tout aussi déformé que la face. Ce ne sont pas seulement les formes des os qui sont modifiées, ce sont aussi leurs rapports, dont presque pas un n'a été vraiment conservé » (2). Cette race parfaitement assise et représentée dans le Nouveau-Monde par deux sous-races, dont l'une a conservé ses cornes, et l'autre les a perdues, n'a jamais été considérée cependant comme une *espèce distincte*, malgré ses caractères si nettement accusés.

De ces faits et de beaucoup d'autres on peut donc con-

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 39.
(2) *Ibid.*, pp. 40-41.

clure que « les limites de la variation sont à peu près toujours plus étendues entre certaines races animales qu'entre les groupes humains les plus éloignés » (1).

Et puisque ces variations n'ont pas empêché les naturalistes de classer dans *une seule et même espèce* les animaux qui les présentent, on ne voit pas pourquoi ils agiraient différemment quand il s'agit de l'espèce humaine. « Si notre bœuf et le gnato ou le tricéros, si le porc normand et le porc solipède, le mouton d'Europe et l'ancon, le biset et le grosse-gorge sont de simples *races* et non des *espèces* distinctes, à plus forte raison peut-on dire qu'il en est de même pour le Nègre et le Blanc, le Mongol et le Peau-rouge » (2).

II. Nous avons expliqué plus haut quelle série de phénomènes permet d'établir une différence tranchée entre les produits du métissage et ceux de l'hybridation. Nous n'avons donc pas à y revenir ici, mais seulement à résoudre cette question : Le croisement entre individus appartenant à deux groupes humains différents, entre un Blanc et un Noir par exemple, présente-t-il les phénomènes du métissage ou ceux de l'hybridation ?

Nous laissons parler M. de Quatrefages, puisque c'est sa doctrine que nous nous proposons de faire connaître à nos lecteurs. « La question ainsi posée est, on peut dire, toute résolue. Il suffit ici d'en appeler au souvenir des lecteurs. Ils savent tous que, partout où le Blanc européen a été conduit par ses instincts d'expansion et de voyages, il s'est uni avec les races locales et a engendré des races métisses. Ils savent que le maître blanc et l'esclave noir ont produit les *mulâtres* que l'on trouve dans toutes les colonies. Ils savent que le Nègre amené en Amérique a donné le jour au *Sambo* par ses unions avec les indigènes. Ils savent que, dans l'Amérique méridionale,

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 41.
(2) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie, p. 42.

le Portugais et les tribus indiennes de la province de Saint-Paul sont depuis longtemps à peu près remplacés par les *Mamalucos*, petits-fils des uns et des autres, qui, sous le nom de Paulistas, occupent aujourd'hui le pays. Ils savent que, dans l'Amérique septentrionale, les métis de Français et de Peaux-Rouges forment la très grande majorité des habitants de la province de Québec au Canada, et que la province de Manitoba est exclusivement peuplée de métis dont l'élément blanc a été surtout emprunté à la race anglaise, mais dont plusieurs ont aussi dans les veines du sang français ou écossais. Ils savent qu'au Mexique il existe tout un vocabulaire spécial distinguant plus de quinze castes de métis, résultant du croisement à tous les degrés du Blanc, du Noir et de l'indigène.

» Le métissage n'a pas lieu seulement entre races humaines se croisant deux à deux. Là où plusieurs de ces races ont été juxtaposées, les unions ont eu lieu en tous sens; et les métis agissant de même, tous les sangs se sont trouvés réunis dans les veines de bien des individus. La belle expérience de Darwin avait été réalisée spontanément et sur une vaste échelle chez l'homme, bien avant que le naturaliste anglais l'eût tentée sur les pigeons. Au Mexique, le *Barsino*, fils d'un *Coyote* et d'une *mulâtresse*, est un triple métis de Blanc, d'Indien et de Nègre. Dans les États-Unis du Sud, le même fait a été bien souvent constaté. Aux Philippines, le *Tagal* et le *Négrito* produisent aussi des triples métis avec l'Espagnol. Enfin une population entière, celle de la République Dominicaine, est à peu près entièrement le résultat du quadruple métissage des anciens insulaires avec des Espagnols, des Français et des Nègres.

» On a prétendu que les individus résultant du croisement ne se propageaient pas; que les mariages entre métis étaient plus ou moins inféconds, et que les unions interlopes entre le Blanc et les races inférieures entretenaient seules une population intermédiaire, qui disparaîtrait bien vite, si elle était abandonnée à elle-même. Ces assertions sont à peu près partout démenties par les faits.

» Sans doute, dans quelques localités où la population métisse n'a d'autre point de départ que la débauche, là où, repoussée également par les deux races parentes, elle est fatalement vouée aux plus tristes passions et aux excès qu'elles entraînent, cette population aura peine à grandir et à se suffire. Mais partout où le croisement s'est accompli dans des conditions à peu près normales, la race enfantée par lui se montre très vivace et très féconde. Aux exemples tirés de l'histoire de Saint-Paul, de Québec, du Manitoba, de la République Dominicaine, on peut ajouter ce qui s'est passé à Pitcairn » (1).

Cette histoire est des plus instructives, et nous en empruntons le résumé à l'*Espèce Humaine*. « En 1789, à la suite d'une révolte, des matelots anglais, au nombre de 9, vinrent s'établir dans le petit îlot de *Pitcairn*, dans l'Océan Pacifique, accompagnés de 6 Tahitiens et de 15 Tahitiennes. Les Blancs s'étant conduits en tyrans, la guerre de race éclata. En 1793, la population était réduite à 4 Blancs et à 10 Tahitiennes. Bientôt la guerre s'alluma de nouveau entre les 4 chefs de la colonie, et Adams resta seul. Mais les unions avaient été fécondes; les premiers métis grandirent et se marièrent entre eux; ils eurent de nombreux enfants. En 1825, le capitaine Beechey trouva à Pitcairn 66 individus. Vers la fin de 1830, la population était de 87 individus. En 1856, elle atteignait le chiffre de 193. Malgré les conditions déplorables du début, la race métisse de Pitcairn avait donc presque doublé en 25 ans, et avait presque triplé en 33 ans. Or l'Angleterre, le pays d'Europe le plus favorisé sous ce rapport, ne double sa population qu'en 49 ans. Ainsi les métis de Polynésiens et d'Anglais expatriés ont pullulé à Pitcairn environ deux fois plus que les Anglo-Saxons purs et placés dans leur milieu natal » (2).

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie, pp. 47-49.
(2) *L'Espèce Humaine*, p. 197.

« Même les plus mauvaises conditions sociales n'arrêtent pas souvent le développement des métis. Au Cap de Bonne-Espérance, la loi interdisait le mariage légal aux *Bastards*, fils de Blancs et de Hottentots. Cette population n'en a pas moins grandi de manière à inquiéter ses maîtres qui l'ont reléguée au delà de l'Orange. Là elle s'est groupée, et sous le nom de *Griquas*, elle peuple aujourd'hui toute une contrée jadis déserte.

» Le croisement semble apporter parfois aux enfants un surcroît d'énergie vitale : c'est le cas au Groënland et aux Marquises.

» Tous les autres phénomènes du métissage se montrent d'ailleurs à la suite du croisement entre les races humaines les plus diverses. Le Vaillant a reconnu au Cap, et Hombron au Pérou, que le croisement du Blanc avec la race locale accroît la fécondité. L'atavisme se manifeste aussi bien chez les mulâtres de Pernambouc que chez les métis de Blancs et de Peaux-Rouges d'Ottawa. Enfin même la superfétation a été parfois constatée, à la suite d'unions entre les races blanche et noire, quoique les conditions nécessaires pour qu'elle ait lieu soient bien rarement réalisables.

» Ainsi partout, en tout, le croisement du Blanc avec les groupes humains les plus divers, et de ces groupes entre eux quand ils se trouvent rapprochés, présente les phénomènes caractéristiques de *métissage*, jamais ceux de l'*hybridation*. Ces groupes sont donc *autant de races d'une seule et unique espèce*, et par conséquent il n'existe qu'une seule espèce humaine » (1).

On pourrait fortifier encore ces conclusions en observant, à la suite de M. de Quatrefages, que dans aucune espèce animale *l'entre-croisement et la fusion des caractères* ne sont aussi marqués qu'entre les divers groupes humains (2), — et que l'universalité *du cadre nosologique*

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie, pp. 49-50.
(2) *L'Espèce humaine*, pp. 42-45.

dans les divers rameaux de l'humanité pourrait encore fournir un argument en faveur de l'unité de l'espèce humaine (1). Nous indiquons seulement cet ordre de preuves, on en trouvera le développement aux passages notés.

Nous préférons dire ici pourquoi M. de Quatrefages est si souvent revenu sur cette question de l'unité de l'espèce humaine, pourquoi il s'est si nettement prononcé pour le monogénisme contre le polygénisme. « C'est, répond-il, parce que la science, dans son ensemble et dans une foule de détails, change du tout au tout selon la solution adoptée. »

Qu'on en juge : « Après la question fondamentale de l'unité, vient la question d'*ancienneté*. Celle-ci se pose également dans les deux doctrines; mais le problème est simple et absolu pour le monogéniste; il est multiple et relatif pour le polygéniste.

» La question du *lieu d'origine*, qui se présente ensuite, n'existe en réalité que pour celui qui croit à l'unité spécifique des groupes humains.

» Pour le polygéniste, la *question générale des migrations* n'existe pas. Pour les cas particuliers, l'autochtonisme supplée à tout. Celui qui regarde les Polynésiens comme ayant apparu sur les îlots du Pacifique n'a pas à chercher d'où ils peuvent être venus.

» La question de *la formation des races* disparaît en entier pour le polygéniste, puisque les diverses espèces admises par lui ont apparu avec tous les caractères qui distinguent les divers groupes humains. Tout au plus a-t-il à s'inquiéter des résultats de quelques croisements, trop évidents pour être niés.

» La question de l'*homme primitif* n'existe pas pour le polygéniste, puisqu'il retrouve *toutes ses espèces* avec les caractères qu'elles ont eues dès le début » (2).

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie, pp. 229-232.
(2) *L'Espèce Humaine*, p. 212.

De tout cela il résulte que l'anthropologie est une science tout autre pour le monogéniste que pour le polygéniste, et qu'il faut de toute nécessité non seulement prendre un parti, mais l'appuyer de bonnes et solides raisons. De là l'insistance de M. de Quatrefages à traiter cette question capitale.

§ 3. *Autochtonisme ou migrations.*

Dès l'époque quaternaire, l'espèce humaine occupait, au moins par places, les quatre grandes parties du monde, et aujourd'hui elle a des représentants sur la surface entière du globe. Ce fait, reconnu par tous, pose au naturaliste la question suivante :

Ces populations, échelonnées dans le temps et dans l'espace, sont-elles *autochtones*, c'est-à-dire nées sur les lieux mêmes où nous les montrent d'une part la paléontologie, et d'autre part les plus anciennes histoires et les récits des premiers voyageurs ; — ou bien, partie d'un ou de plusieurs points, l'espèce humaine *a-t-elle immigré* de manière à envahir peu à peu son domaine actuel?

Les partisans de l'autochtonisme, qui est une conséquence du polygénisme, sont aujourd'hui en petit nombre. Mais à l'époque où M. de Quatrefrages s'est occupé de cette théorie, l'autochtonisme s'appuyait sur le grand nom et la haute autorité scientifique d'Agassiz, qui admettait neuf centres de création ou royaumes entre lesquels il avait partagé la surface entière du globe, et dont chacun aurait produit ses végétaux, ses animaux, ses hommes, et aurait imprimé sur tous ces êtres un cachet distinctif.

En agissant de cette façon, l'illustre savant semblait oublier, dit son contraditeur, « tous les faits généraux constatés par les zoologistes et les botanistes les plus éminents qui se sont occupés de la distribution géographique des êtres, depuis Buffon jusqu'à Alph. de Can-

dolle » (1). Sans compter que les rapports forcés et arbitraires établis par lui entre les faunes, les flores et les populations humaines d'un même centre ne sont pas justifiés par l'observation. « Il suffit de dire que sa théorie l'a conduit à regarder, comme caractérisant *son royaume arctique,* une seule et même race comprenant toutes les populations boréales, les Lapons comme les Esquimaux. Or les premiers sont au nombre des populations les plus brachycéphales, les seconds comptent parmi les plus dolichocéphales. En outre, les Samoyèdes se rappellent encore leur origine méridionale, et les Tchuktchis sont des allophyles, qui se distinguent de toutes les populations voisines par des caractères tranchés » (2).

M. de Quatrefages n'eut donc aucune peine à battre en brèche la théorie d'Agassiz, soit qu'il l'examinât dans son ensemble, soit qu'il fît passer au crible de sa critique les détails de sa synthèse autochtoniste.

Il avait du reste, pour se prononcer *en faveur du peuplement du globe par migrations à partir d'un point unique,* toute une série d'arguments et une collection de faits qui ne sont pas la partie la moins intéressante de son œuvre anthropologique.

Ces faits, il les oppose à la principale objection des polygénistes-autochtonistes, qui déclarent les migrations des peuples sauvages ou à demi sauvages impossibles pour les raisons suivantes : d'abord, parce que leur état social rudimentaire ne leur assure aucun moyen de défense dans leur marche en avant; ensuite, parce que la nature a dû leur opposer, et sur terre et sur mer, des obstacles de toutes sortes infranchissables pour eux.

Au motif tiré de l'*état social,* le professeur du Muséum répond : « L'imperfection même de l'état social, loin d'arrêter la dissémination de l'espèce humaine, ne pouvait

(1) *Histoire générale des Races Humaines,* 1re partie, p. 128.
(2) *Ibid.,* p. 127.

que la favoriser. Les peuples cultivateurs sont forcément sédentaires; les pasteurs, moins attachés au sol, ont besoin de rencontrer des conditions spéciales. Les chasseurs au contraire, entraînés par leur genre de vie, par les nécessités qu'il impose et les instincts qu'il développe, ne peuvent que se disséminer en tous sens. Il leur faut pour vivre de vastes espaces; dès que les populations s'accroissent, même dans d'assez faibles proportions, elles sont forcées de se séparer ou de s'entre-détruire, comme le montre si bien l'histoire des Peaux-Rouges. Les peuples chasseurs ou pasteurs sont donc seuls propres aux grandes et lointaines migrations. Les peuples cultivateurs seront plutôt colonisateurs.

» L'histoire classique elle-même confirme de tout point ces inductions théoriques. On sait ce qu'étaient les envahisseurs du monde romain, les destructeurs du Bas-Empire, les conquérants arabes. Le même fait s'est produit au Mexique. Les Chichimèques représentent ici les Goths et les Vandales de l'Ancien Monde. Si l'Asie a tant de fois débordé sur l'Europe, si le Nord-Américain a envoyé tant de hordes dévastatrices dans les régions plus méridionales, c'est que, dans ces deux contrées, l'homme était resté barbare ou sauvage » (1).

Quant aux *obstacles naturels*, sont-ils vraiment infranchissables pour des populations dénuées de nos moyens perfectionnés de locomotion? Qu'il s'agisse de migrations *par terre* ou de migrations *par mer*, on peut hardiment répondre que non, et M. de Quatrefages en apporte, entre plusieurs autres, deux exemples caractéristiques que nous reproduisons ici.

Voici d'abord un exemple de grande *migration par terre*. Il s'agit de l'*Exode des Kalmouks* qui, vers 1616, étaient venus de la Chine s'établir dans le Kahanat de Kasan, sur les deux rives du Volga. Sous l'impératrice Catherine, la horde entière, à l'instigation d'un ambitieux Zébeck,

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 134.

imagina de regagner sa patrie primitive. L
on vit les Kalmouks se réunir sur la
Volga. De demi-heure en demi-heure,
femmes, d'enfants, de vieillards, au nombre
portés sur des chariots ou des chameaux, p
par des corps de 10 000 cavaliers. Une arr
de 80 000 hommes d'élite, couvrait les der
On évalue cet ensemble de populations à
âmes.

En sept jours ils avaient franchi plus de
un temps sec mais froid. Bientôt le lait co
quer, même pour les enfants, et un clan
9 000 cavaliers, fut massacré par les Cosa

Ils n'étaient qu'au début de leurs épr
les força de s'arrêter pendant dix jours,
mesurer plusieurs fois avec l'armée russ
avait envoyée à leur poursuite. Pendar
rigueur extrême, chaque campement ét
des centaines de cadavres gelés.

Aux premiers jours de juin, on travers
se jette dans le petit lac d'Aksakal, près
En cinq mois les émigrants avaient fait s
et perdu plus de 250 000 âmes. De toute
somme, il ne restait que les chameaux. Apr
la Torgaï, il fallut faire face aux Baskirs e
ennemis héréditaires des Kalmouks, qu
renforcer l'armée russe, tourner les déser
mort de faim, affronter les chaleurs de
meurtrières que les rigueurs de l'hiver.

Enfin, au mois de septembre, la hord
frontières de la Chine, et grâce à l'interve
reur Kien-Long qui se porta à leur se
mouks virent la fin de leurs maux, et
dans les terres qu'il leur assigna, et où le
vivent encore (1).

(1) Voir toute cette histoire dans *L'Espèce Humaine*, p

« L'*Exode des Kalmouks*, conclut M. de Quatrefages, répond donc à tout ce que l'on pourrait avancer au sujet de l'impossibilité des migrations primitives par terre. En huit mois, malgré les rigueurs extrêmes du froid et du chaud, malgré les attaques incessantes d'ennemis implacables, malgré la famine et la soif, cette population a franchi un espace égal en ligne droite au huitième environ de la circonférence terrestre. En tenant compte des détours obligés, il faut peut-être doubler ce chiffre. Après un fait pareil, comment mettre en doute la possibilité de voyages plus longs encore pour une tribu marchant tranquillement, par étapes, et n'ayant à lutter que contre les difficultés du sol ou contre des bêtes fauves » (1) ?

Pour répondre à ceux qui nient la possibilité des *migrations par mer*, M. de Quatrefages s'est livré à de longues et intéressantes recherches sur *la race polynésienne*. Il en a consigné le résultat dans un volume in-4°, publié en 1866, et intitulé : *Les Polynésiens et leurs migrations*. Ce volume, il l'a résumé dans une conférence sur *Les Migrations polynésiennes*, lue en 1877 à la séance publique de la Société d'acclimatation et reproduite dans le volume : *Hommes fossiles et hommes sauvages*. Il a rendu plus sensible encore le résultat de ses études en y joignant une carte, empruntée au Dr Hale, mais complétée par lui, et qui indique graphiquement les voies suivies par les immigrants. Voici les principales conclusions de cet important mémoire. Après les avoir lues, il ne peut rester aucun doute non seulement sur la possibilité, mais sur la réalité des migrations par mer, quelque étendue que soit l'aire de ces migrations.

Ce qui frappe en effet tout d'abord, c'est l'étendue immense du théâtre sur lequel se sont opérées les migrations des Polynésiens. « En joignant par des lignes droites les trois points extrêmes principaux de la Poly-

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 137.

nésie, savoir l'extrémité méridionale de la Nouvelle-Zélande, Taouaï, la plus boréale des îles Sandwich, et l'île de Pâques, on obtient un triangle renfermant la presque totalité des terres polynésiennes. Or les côtés de ce triangle ont, en nombres ronds, 1200, 1300 et 2000 lieues de longueur. La surface du même triangle égale environ trois fois celle de l'Europe entière. Dans ce vaste espace, des îles, des groupes d'îles sont souvent entièrement isolés. L'île de Pâques est à plus de trois cents lieues de ses sœurs ; la Nouvelle-Zélande est à quatre cents lieues de toute terre ; le groupe le plus voisin des îles Sandwich en est éloigné de sept cents lieues » (1).

Peut-on raisonnablement admettre que des hommes dépourvus de nos moyens perfectionnés de navigation et ne connaissant pas la boussole, aient pu franchir de pareils espaces, et atteindre une à une presque toutes ces îles ?

Oui, répond sans hésiter M. de Quatrefages, puisque la science moderne a permis de constater les points suivants : 1° l'endroit d'où sont partis, au moins en majorité, les émigrants qui ont peuplé la Polynésie ; 2° la succession des stations principales qui sont à leur tour devenues des centres secondaires ; 3° la date des plus anciens voyages d'une manière approchée, très suffisante en pareille matière, et celle des plus récents à quelques années près ; 4° certains détails tellement précis et tellement caractéristiques qu'il est impossible de les rejeter sans nier toute valeur au témoignage humain.

Il faudra lire, dans la conférence citée plus haut, le preuves de chacune de ces assertions ; ici nous ne pouvo que les résumer à grands traits.

C'est dans les grandes îles centrales de l'Archi Malais, et entre autres à *l'île Bouro*, que se forma la r

(1) *Hommes fossiles et hommes sauvages, Études d'anthropologie*, 1884. — *Migrations polynésiennes*, p. 401.

conquérante, une race métisse à la formation de laquelle avaient concouru des éléments divers, mais où prédominait le sang blanc allophyle. Elle a dû se former à une époque encore indéterminée, mais qui ne peut être de beaucoup antérieure, ni de beaucoup postérieure à l'ère chrétienne. Cette race belliqueuse, entreprenante, familiarisée avec tous les hasards de la mer, a envoyé des colonies d'un côté jusque près des côtes de la Chine, de l'autre jusqu'aux Philippines, mais la majorité des émigrants se dirigea vers le soleil levant.

Mais il est possible d'aller plus loin. On peut en effet suivre les étapes successives par lesquelles la race polynésienne gagna peu à peu toutes les îles orientales du Pacifique. « Partie de Bouro, elle s'est d'abord développée et pour ainsi dire assise dans les archipels de Tonga et de Samoa, d'où elle a rayonné ensuite en divers sens. Bien des essaims, sortis de cette ruche féconde, ont sans doute péri dans les déserts liquides dont ils affrontaient les solitudes, mais un d'eux a eu l'heureuse chance de rencontrer Raïatea, d'où il gagna Taïti. Là s'est formé un second centre dont les colonies ont atteint au nord les îles Sandwich, au sud les Manaïas. Celles-ci ont été la troisième grande station de la race, et ont peuplé tout le sud de la Polynésie, depuis Rapa à l'est jusqu'à la Nouvelle-Zélande à l'ouest. L'œuvre colonisatrice entière s'est accomplie dans l'espace de 1000 à 1100 ans » (1).

« Dans ce long et multiple voyage, la race polynésienne est restée remarquablement semblable à elle-même. Presque partout elle a gardé une homogénéité qui a frappé tous les voyageurs, et qui se retrouvait surtout chez les chefs. Pourtant sur quelques points, aux Sandwich, dans les îles nord des Pomotou, elle s'est rencontrée avec les Micronésiens; à la Nouvelle-Zélande, elle eut à combattre les Papouas ou Nègres mélanésiens qui

(1) *Hommes fossiles et hommes sauvages*, p. 412.

l'avaient précédée sur cette grande terre. Mais partout elle fut victorieuse, et s'assimila les représentants de ces types inférieurs; elle leur imposa ses croyances, ses mœurs et sa langue. Le langage en effet, cet élément si mobile, si changeant, surtout chez les peuples sauvages, s'est conservé en Polynésie d'une manière étrange. La langue primitive, le grand polynésien, comme l'appelle Crawfurd, n'a engendré que des dialectes si peu différents les uns des autres que les habitants de Samoa et de l'île de Pâques s'entendent presque à première vue » (1).

« Ainsi, pendant 1000 à 1100 ans, la race polynésienne s'est développée dans un isolement parfait, n'ayant à réagir que sur ses propres tribus, ignorant tout ce qui existait au delà de son empire maritime, dont les savants, comme Tupaïa, connaissaient à peu près l'étendue. Mais environ un siècle après l'arrivée des Maoris à la Nouvelle-Zélande, le 21 octobre 1520, Magellan découvrait le détroit qui porte son nom. Le 28 novembre, il débouchait dans l'océan Pacifique. Le monde polynésien s'ouvrait à l'activité des Européens » (2).

Ce sont les chants maoris, soigneusement recueillis à la Nouvelle-Zélande par sir George Grey, qui ont permis de fixer de la sorte les étapes de ce long voyage. Ce n'est pas tout : ils nous ont conservé les noms des principaux canots, ceux des chefs, les incidents les plus remarquables du voyage, les noms des plantes et des animaux que les émigrants emportaient avec eux, etc... Quant aux dates, elles ont pu être fixées approximativement, grâce aux listes généalogiques pieusement conservées de générations en générations, et qui ont été recueillies, comme les chants historiques, par les colons européens.

En résumé, les faits que nous venons d'indiquer sommairement « contredisent en tout les théories des auto-

(1) *Hommes fossiles et hommes sauvages*, p. 413.
(2) *Ibid.*, p. 414.

chtonistes et conduisent aux conclusions suivantes : La Polynésie, cette région que les conditions géographiques semblent au premier abord isoler du reste du monde, a été peuplée par voie de migration volontaire et de dissémination accidentelle, procédant de l'ouest à l'est au moins pour l'ensemble. Les Polynésiens, venus de la Malaisie et de l'île de Bouro en particulier, se sont établis et constitués d'abord dans les archipels de Samoa et de Tonga; de là ils ont successivement envahi le monde maritime ouvert devant eux. Ils ont trouvé désertes, à bien peu près, toutes les terres où ils ont abordé, et n'ont rencontré que sur trois ou quatre points quelques tribus peu nombreuses de sang plus ou moins noir » (1).

Des faits, toujours des faits, voilà la seule réponse qu'oppose M. de Quatrefages aux dénégations des autochtonistes. Ces faits si bien étudiés lui permettent de conclure avec Lyell : « En supposant que le genre humain disparût en entier, à l'exception d'une seule famille, fût-elle placée sur l'ancien ou sur le nouveau continent, en Australie ou sur quelque îlot madréporique de l'océan Pacifique, nous pouvons être certains que ses descendants finiraient, dans le cours des âges, par envahir la terre entière, alors même qu'ils n'atteindraient pas un degré de civilisation plus élevé que les Esquimaux ou les insulaires de la mer du Sud. »

Mais si l'espèce humaine a rayonné en tous sens, on peut se demander où placer ce centre privilégié qui a servi de berceau à nos plus lointains ancêtres, et d'où avec le temps ils se sont répandus dans toutes les directions. Voici la réponse que nous donne M. de Quatrefages, dans son *Histoire générale des Races Humaines*.

« On a voulu d'ordinaire chercher ce berceau primitif dans les régions intertropicales, et pour rendre l'hypothèse plus plausible, on est allé jusqu'à supposer l'existence

(1) *L'Espèce Humaine*, p. 147.

passée d'un continent aujourd'hui submergé, situé exactement sous l'équateur, au sud de l'Asie actuelle, et que l'on a nommé *la Lémurie*..... ; en raisonnant ainsi, on oubliait l'ancienneté de l'homme et les révolutions du globe. Les données empruntées à ces deux ordres de faits sont en désaccord avec l'opinion que je viens d'indiquer, et conduisent à des conclusions fort différentes.

» Ces conclusions varient d'ailleurs selon que l'on s'en tient à ce qui existe aujourd'hui, ou bien que l'on remonte aux époques géologiques passées.

» L'étude des populations actuelles et de leurs langues conduirait à placer le berceau de l'espèce humaine en Asie, non loin du grand massif central de ce continent, et dans le voisinage de la région où prennent naissance tous les principaux fleuves qui le sillonnent au nord, au sud et à l'est. Les trois types physiques fondamentaux humains, le blanc, le jaune et le noir, sont représentés autour de ce massif par des populations tantôt pures, tantôt métissées à des degrés très divers. Au nord, au nord-est, au sud-est sont répandues des populations jaunes dont le type est plus ou moins altéré par le mélange avec les Blancs allophyles. A l'ouest, le même type s'est croisé sur de larges espaces avec les Blancs aryans ou sémites. Les Aryans au sud et au sud-ouest, les Sémites au delà dans la même direction complètent la ceinture. Les Noirs, partout rompus, dispersés, et le plus souvent métissés de Jaunes, plus rarement de Blancs, ont laissé leurs traces sur un large espace, au sud du continent, et aussi dans les îles bengalaises, les archipels malais et jusqu'au Japon.

» Les trois types linguistiques, ainsi qu'une foule de langues dérivées qui les relient l'un à l'autre, sont représentés dans les mêmes régions. A l'ouest, au nord-ouest, au nord, au nord-est, à l'est règnent les langues agglutinatives; au sud-est, les langues monosyllabiques. Le domaine des langues à flexion commence au sud-ouest, et forme, au sud de l'Himalaya, une bande dont la position

suffirait presque pour indiquer qu'elle est le résultat d'une conquête. Le centre lui-même est occupé par des peuples jaunes, peut-être métissés de Blancs allophyles, au moins sur quelques points, et qui parlent des langues agglutinatives au nord, des langues monosyllabiques au sud.

» Aucune autre partie du monde ne présente rien de pareil. Si on laisse de côté les migrations modernes et celles que raconte l'histoire, on voit les types physiques occuper partout ailleurs de vastes aires continues, où chacun d'eux conserve sa pureté, tout en se mêlant sur ses frontières avec ses voisins. La distribution des types linguistiques nous montre le même tableau. De ces faits on pourrait conclure que les uns et les autres ont pris naissance là où nous les trouvons encore juxtaposés.

» Il est en effet bien difficile de supposer qu'après s'être constituées dans les contrées les plus diverses, après s'y être créé un langage, un certain nombre de races humaines soient revenues sur leurs pas, pour se grouper autour d'un même point relativement peu étendu. L'histoire des langues et la manière dont elles s'altèrent et se modifient en s'éloignant de cette région centrale, sont d'ailleurs en contradiction absolue avec l'hypothèse des *migrations régressives*. Tout concourt à faire admettre que les vieilles populations ont pris naissance dans le voisinage du grand massif central asiatique, et ont ensuite irradié en tous sens, emportant chacune avec elle la forme de langage qu'elle avait atteinte.

» A ne tenir compte que du présent, on pourrait donc être conduit à penser que notre espèce s'est montrée d'abord dans cette région, qu'elle s'y est multipliée, qu'elle y a séjourné assez longtemps pour que les types fondamentaux physiques et linguistiques y eussent pris naissance, et que de là seulement sont parties les colonies qui ont peuplé le globe.

» Mais en plaçant notre premier berceau dans l'Asie centrale, on laisserait sans explication bien des faits révélés par les études préhistoriques. On ne comprendrait

guère comment, à l'époque quaternaire, on voit arriver ensemble en Europe des animaux jusque-là tertiaires en Sibérie, et les tribus humaines qui leur font la chasse; comment, à la même époque, le globe, jusque-là presque désert, semble se peupler en entier tout à coup, etc..... Il faut donc chercher ailleurs *notre centre d'apparition*.

» Les résultats auxquels sont arrivés les paléontologistes, botanistes et zoologistes, ont jeté un jour tout nouveau sur ce problème, en permettant de reporter bien plus au nord nos origines géographiques. Aux temps tertiaires, le Spitzberg jouissait d'un climat tout au moins tempéré, fort analogue à celui de la Californie habitée de nos jours par quelques-unes des tribus humaines les moins développées, les moins industrieuses. A cette époque, le renne, le mammouth, et son compagnon le rhinocéros tichorhinus habitaient la Sibérie. L'homme, même à ses débuts, a donc pu vivre dans ces régions aujourd'hui glacées. Comme les Diggers des Montagnes Rocheuses, il y aurait trouvé pour se nourrir des fruits sauvages, des baies, des graines, des racines, en attendant que son intelligence rapidement éveillée l'eût mis à même d'atteindre le poisson et le gibier.

» Nous verrons plus tard que cette hypothèse *d'une origine boréale* concorde avec tous les faits connus de l'histoire primitive de l'homme, et permet seule de les coordonner. Dans l'état actuel de nos connaissances, c'est à elle qu'il faut, je crois, se rattacher.

» J'ai depuis bien longtemps exprimé cette idée dans mon enseignement et dans quelques-uns de mes livres; c'est à l'histoire des mammifères fossiles que j'empruntais la plupart de mes arguments. La paléontologie botanique est venue depuis lors m'en apporter de nouveaux, et j'ai vu avec un plaisir facile à comprendre un de ses représentants les plus autorisés, M. de Saporta, arriver de son côté à des conclusions fort semblables aux miennes. Cet accord entre deux hommes engagés dans des études si différentes et travaillant à l'insu l'un de l'autre, me sem-

ble témoigner hautement en faveur de la manière de voir qui nous est commune..... Tout nous ramène donc à l'Asie, et vers les régions que je viens d'indiquer » (1).

Ainsi, pour M. de Quatrefages, les régions septentrionales de l'Asie sont le véritable *centre d'apparition* de l'espèce humaine, et les régions voisines du massif central asiatique ne sont que le *centre de formation ou de caractérisation* de ses types fondamentaux, blanc, jaune et noir. Notre tâche se borne à exposer, non à discuter ces théories. Mais il n'est pas inutile de remarquer qu'elles sont intimement liées aux idées du savant professeur sur l'existence de l'homme à l'époque tertiaire, dont nous nous occuperons dans l'article suivant. Pour qui n'accepte pas cette donnée, il n'y a aucune raison d'admettre l'origine toute boréale de nos ancêtres préhistoriques.

Résumons en quelques mots les enseignements de M. de Quatrefages sur les trois grandes questions d'anthropologie générale que nous venons d'étudier avec lui : 1° Il se prononce nettement contre le transformisme, quelque forme qu'il revête, et s'en tient à la fixité des espèces végétales et animales, et en particulier à la fixité de l'espèce humaine. 2° Il croit qu'une paire unique a été la souche de tous les groupes humains, passés et présents, quelle qu'en soit l'apparente variété. 3° Que les descendants de ce couple primitif, apparu dans les régions septentrionales de l'Asie, plus tard profondément diversifiés autour du massif central asiatique, se sont ensuite répandus, par voie de migrations, sur le globe tout entier. Ce sont là des résultats importants et dignes de fixer l'attention des naturalistes.

Nous exposerons, dans un prochain article, les solutions apportées par le professeur du Muséum aux divers problèmes soulevés par les découvertes préhistoriques.

D. Le Hir.

(1) *Histoire générale des Races Humaines*, 1re partie, pp. 131-134.

LA DÉFINITION PHILOSOPHIQUE

DE LA VIE (1)

La philosophie recherche les raisons dernières des faits que l'observation vulgaire a spontanément constatés et que la science, dans ce qu'elle a de *descriptif*, a analysés, discernés, classés.

Aussitôt que le savant, franchissant les limites de l'observation et de l'analyse, se donne pour mission de *comprendre par leurs causes supérieures* les faits qu'il est parvenu à grouper et à classer, il entre dans le domaine de la philosophie.

Nous ne croyons pas, pour notre part, qu'il y ait une distinction essentielle à établir entre la science, entendue dans le sens élevé du mot pour la connaissance des choses *par leurs causes*, et la philosophie. La philosophie n'est que la science des sciences, c'est-à-dire, la science plus générale des sciences particulières, l'effort de l'esprit pour comprendre par leurs causes *suprêmes* les faits observés. La science et la philosophie ont ceci de commun qu'elles ne s'arrêtent pas à constater et à décrire ce qui est, mais

(1) Cette étude est tirée d'un ouvrage en voie de publication qui a pour titre : *Études psychologiques*.

qu'elles visent à s'en rendre compte, à répondre, par un appel à des causes supérieures et par conséquent plus générales, au pourquoi de ce qui est. « Connaître *qu'*une chose est et savoir *pourquoi* elle est, c'est deux, dit Aristote, et savoir pourquoi elle est c'est la rattacher à une cause antérieure. Tous nous sommes persuadés que nous avons la *science* d'une chose, lorsque nous croyons connaître la raison pour laquelle elle est, la cause qui fait qu'elle est et qui ne permet pas qu'elle soit autrement » (1).

Nous avons jugé cette introduction nécessaire, pour montrer qu'en traitant de la définition philosophique de la vie, nous ne sortons pas du programme d'une revue scientifique, et aussi pour justifier le procédé que nous allons suivre, en consultant les données du sens commun et les conclusions autorisées des sciences biologiques, avant de passer à la définition de la vie.

§ 1. Qu'est-ce que la vie pour le vulgaire? — § 2. Qu'est-elle pour le savant? — § 3. Que doit-elle être par conséquent pour la philosophie?

§ 1.

CE QUE C'EST QUE LA VIE POUR LE VULGAIRE.

Un savant anglais, M. Morgan, eut naguère l'idée de faire dire à une bande d'écoliers ce que c'était pour eux qu'un animal vivant.

Voici quelques-unes de leurs réponses :

1. Les animaux se donnent du mouvement, ils mangent, ils grandissent.

2. Les animaux mangent, croissent, respirent, sentent (au moins pour la plupart), et dorment.

(1) *Analyt. post.*, lib. I, cap. XIII, 45, et cap. II, 10, ed. Didot.

3. Prenez un chat, par exemple : il commence par être un petit chat; il mange, il boit, il joue, il grandit, et quand il est devenu un grand chat, il fait à peu près la même chose que le petit chaton, avec cette différence qu'il est plus paresseux et qu'il ne grandit plus. A la fin il devient vieux et il meurt. Mais il peut avoir des petits avant de mourir.

4. Un animal a une tête et une queue, quatre pattes et un corps. Il vit, mais ce n'est pourtant pas la même chose qu'une plante (1).

Si nous voulons faire l'analyse de ce que l'observation a suggéré à ces enfants dont nous venons de retracer les essais naïfs, nous remarquerons que ce qui les frappe, c'est le mouvement que l'animal paraît se donner à lui-même [1], le jeu auquel il se livre [3] et qu'il interrompt par le sommeil [2]; ce sont les différentes phases de son développement [1, 2 et surtout 3], ses fonctions de nutrition et accessoirement de reproduction [1, 2 et 3]; enfin c'est la forme spéciale de l'organisme animal dont la tête, la queue et les quatre pattes présentent à l'imagination de l'enfant le type le plus accoutumé [4].

Nous retrouverons tout à l'heure, naturellement avec plus d'ordre et de précision, mais sans différence bien essentielle, les mêmes traits distinctifs de la vie chez les naturalistes et les biologistes.

Les sauvages, dont le jugement rudimentaire est comparable à celui de l'enfant, prêtent communément la vie, semble-t-il, à tout ce qui présente l'aspect d'un mécanisme compliqué capable de se donner du mouvement.

Thomson raconte que lorsque les habitants de la Nouvelle-Zélande virent aborder le vaisseau du capitaine Cook, ils crurent que c'était une baleine qui avait des ailes. Au début de ses Principes de Sociologie, Herbert Spencer (2)

(1) C. Lloyd Morgan. *Animal Life and Intelligence*, ch. I. — London, Edward Arnold, 1891.

(2) *The Principles of Sociology*, ch. IX, § 65 et 66.

rapporte quelques autres traits du même genre qui, s'ils ne sont peut-être pas absolument authentiques, sont au moins très vraisemblables, entre autres que les Boshimans auraient voulu donner du fourrage à un wagon de chemin de fer, et que les Esquimaux auraient pris un orgue de barbarie et une boîte à musique pour deux êtres vivants dont le premier avait dû donner naissance à l'autre.

A nous tous du reste, encore maintenant, un être vivant, vu de haut, nous apparaît comme un ensemble, plus ou moins compliqué, de parties hétérogènes reliées entre elles, et capable de se mouvoir autrement que ne le font les corps bruts, dont les mouvements uniformes sont exclusivement à la merci des influences extérieures.

Ce n'est pas à dire cependant que le vulgaire n'ait pas d'autre témoignage de l'activité vitale que le mouvement extérieur, d'apparence spontanée, qui a son siège dans les êtres organisés. Lorsqu'il agit, qu'il marche, qu'il pense ou raisonne, qu'il veut ou se détermine, l'homme peut avoir conscience de l'activité qu'il déploie et se surprendre là dépensant sa vie. Mais la conscience de soi, outre qu'elle est intermittente et relativement rare chez ceux dont la pente naturelle est de se répandre au dehors, n'existe que pour soi ; elle ne peut donc fournir un criterium *extérieur* et *général* de la vie.

Passons à la notion de la vie en sciences naturelles.

§ 2.

CONCEPTION SCIENTIFIQUE DE LA VIE.

Nous élargirons plus tard notre conception de la vie, afin qu'elle soit applicable à tout ce qui, sous n'importe quelle forme et à n'importe quel degré de l'échelle des êtres, jouit des caractères essentiels de la vie. Mais, pour

le moment, nous faisons abstraction des manifestations supérieures de la vie immatérielle et nous nous attachons à considérer la vie dans ses plus humbles commencements, la vie des algues et des infusoires, en un mot, la vie végétative, la seule d'ailleurs dont s'occupent les sciences biologiques.

Or, pour l'homme de science, qu'est-ce que cette vie? Qu'est-ce que l'être vivant?

Si nombreuses et si divergentes que soient dans leurs détails ou leur expression les définitions que les savants nous fournissent de la vie, il y a cependant une idée maîtresse qui se dégage de toutes et que Littré, ce savant doublé d'un philosophe et d'un homme de lettres, a très exactement rendue : *La vie est l'état d'activité de la substance organisée ; la substance vivante, c'est la substance organisée;* ou, pour tout dire en une seule formule : *L'activité vitale désigne l'ensemble des fonctions propres aux substances organisées.*

Si donc nous voulons préciser cette notion scientifique de la vie, il nous faut rechercher quelle est la notion que le savant se fait de la *substance organisée* et des *fonctions* qui sont propres aux êtres organisés.

Or, aux yeux du naturaliste, toute substance organisée est une cellule ou du moins a été originairement une simple cellule; quelle que soit aujourd'hui la complication de ses organes et de ses fonctions, elle n'en est pas moins issue, par un processus de différenciation progressive, d'une cellule primordiale, et ses fonctions n'en sont pas moins essentiellement réductibles aux fonctions élémentaires d'une simple cellule.

Notre premier souci sera donc de connaître l'organisation de la cellule et d'en comprendre les fonctions essentielles.

A cet effet, c'est la nutrition surtout qu'il nous faudra étudier, car c'est la nutrition qui constitue la fonction primordiale de la vie organique.

Aussi, pour déblayer le terrain, et nous permettre de concentrer notre attention tout à l'heure sur la nutrition et principalement sur la nutrition de la cellule, nous croyons utile de commencer par un travail préliminaire de simplification et d'élimination ; nous voulons montrer que les fonctions des organismes supérieurs, si multiples et si variées soient-elles, se concentrent autour du phénomène de nutrition. Les unes, en effet, préparent la nutrition, telles sont les fonctions de *digestion* et d'*absorption*, de *circulation* et de *respiration;* les autres secondent la nutrition et servent à la régulariser en débarrassant l'organisme des déchets qui viennent l'encombrer, telles sont les *sécrétions,* les unes digestives, les autres éliminatrices de différentes glandes de l'économie.

Pourquoi, en effet, les organismes supérieurs ont-ils besoin d'appareils, en apparence si compliqués, pour la digestion, la circulation de la lymphe et du sang, la respiration ?

C'est que bon nombre des substances qui doivent servir à nourrir ces organismes supérieurs sont naturellement solides et ne sont par conséquent pas assimilables comme telles par les éléments tissulaires ; la *digestion* a pour rôle de les rendre absorbables et de leur permettre de passer par osmose dans les vaisseaux capillaires qui entourent l'intestin, c'est la fonction d'*absorption*.

L'aliment est donc ainsi préparé ; il faut le distribuer. Comme tous les tissus ont besoin de se nourrir, l'aliment assimilable doit être mis à la portée de chacun d'eux, et c'est à quoi sert, dans les organismes qui sont répandus sur une surface plus ou moins considérable, l'appareil circulatoire ; la distribution de l'aliment à tous les tissus relève de la fonction de *circulation*. Envisagés dans leur ensemble, les échanges nutritifs peuvent être appelés des combustions ; les aliments fournissent les éléments combustibles, l'air extérieur fournit l'oxygène comburant.

L'appareil *respiratoire* n'a pas d'autre rôl l'oxygène de l'air dans les poumons, pou sur les globules rouges du sang dans les naires et soit porté ensuite avec le sang deur des tissus. Encore une fois donc, une fonction subsidiaire de la nutrition.

Quant aux *sécrétions,* nous venons de servent à la digestion, ce sont celles vaires, de l'estomac, du pancréas, de être du foie ; les autres, comme celles d ou des glandes sudoripares, par exem déchets inutiles ou nuisibles à l'économi

Donc réellement les fonctions, les apparence, des organismes supérieurs nutrition, et comme la nutrition des tiss complexe ne diffère pas essentiellemen élémentaire d'une cellule, c'est sur les cellule et par conséquent sur la nutriti nous devrons tout d'abord concentrer no

Avant tout, qu'est-ce qu'une cellule?

La cellule est une substance organisée posée de parties hétérogènes qui formen tout individualisé (1). (Voir la planche, 1

Il y a dans une cellule deux parties c cipales, que l'on peut appeler le *corps noyau.*

Le *corps cellulaire* est ce que l'on app ment du nom de *protoplasme,* ou, comme la base physique de la vie, bien que, da plus générale, toute la cellule soit du désigne, en effet, communément sous de protoplasme toute la *substance vi*

(1) « La cellule est une masse structurée et vivante d d'une membrane et hébergeant un noyau. » J.-B. Car p. 186.

dite dont sont formés et le corps de la cellule et le noyau, par opposition au liquide cellulaire, mélange d'eau et de substances dépourvues de vie dissoutes ou tenues en suspension dans l'eau. Une partie du protoplasme prend une forme réticulée et porte le nom de *réseau* ou de *reticulum* protoplasmique ; il est formé de substances protéiques plus résistantes que les albuminoïdes ordinaires, et renferme dans ses mailles, outre le liquide cellulaire dont nous parlions tout à l'heure, du protoplasme moins résistant.

La couche limitante externe du corps cellulaire prend dans un très grand nombre de cellules une certaine consistance qui lui fait donner le nom de *membrane*. La membrane présente souvent une structure réticulée apparente, ce qui permet de croire qu'elle dérive du protoplasme par une simple différenciation.

Le *noyau* (1) vit à l'intérieur du protoplasme, c'est comme une cellule dans une cellule; à son tour, il est entouré d'une membrane, *membrane nucléaire;* il comprend une *charpente réticulée* protoplasmatique, un *filament nucléinien* et un *suc nucléaire* ou *enchylème* renfermé dans les mailles du reticulum (2).

Il y a vraisemblablement continuité organique entre les éléments du reticulum nucléaire et les fibrilles constitutives du protoplasme, de sorte que, malgré sa grande complexité, la cellule n'en forme pas moins une véritable unité.

Dans le principe, c'est cette unité organique élémentaire qui accomplit à elle seule les fonctions qui se loca-

(1) « Le noyau, dit M. Carnoy, est une manière de cellule logeant un filament tortillé de nucléine, jouissant d'une certaine autonomie, mais ne pouvant vivre qu'à l'intérieur du protoplasme, et doué en outre d'une structure particulière. On peut en effet y distinguer trois parties également organisées : une membrane, une portion protoplasmatique et un élément nucléinien ». *La Cellule*, t. I, p. 194.

(2) Comme la substance dont est formé en grande partie le noyau, la *nucléine*, prend facilement les matières colorantes, on l'appelle assez communément *chromatine*.

lisent plus tard, aux degrés plus élevés de l'échelle de la vie, dans des tissus et des organes spéciaux.

La cellule, tout comme les organismes supérieurs, *se nourrit, s'accroît et se développe, se divise et se reproduit,* et est le siège de divers mouvements que l'on attribue à l'*irritabilité* du protoplasme.

Parcourons rapidement ces diverses fonctions.

Voyons ce que c'est que ce mouvement qui emporte sans relâche la matière vivante, tâchons d'en saisir la variété et d'en entrevoir l'intensité, afin d'arriver à nous faire une idée aussi objective que possible de ce que c'est que la vie.

Car vivre, c'est se mouvoir; la vie est un mouvement.

La *nutrition* comprend deux ordres de phénomènes, l'assimilation et la désassimilation.

L'*assimilation*, c'est la synthèse de substances organiques et la formation de la substance organisée. L'assimilation comprend donc deux phases bien distinctes : une première phase, dans laquelle la cellule transforme, de manière à les rendre utilisables, les substances qu'elle emprunte au milieu extérieur; une seconde phase, dans laquelle ces substances transformées deviennent parties intégrantes de la cellule, entrent dans l'organisation de l'être vivant. C'est à cette seconde phase que s'applique rigoureusement le nom d'*assimilation*.

La *désassimilation* consiste en une désagrégation, soit de la substance même de la cellule, soit des matériaux transformés par elle, mais non employés à sa réparation (1); c'est la scission de la molécule organique ou de l'élément organisé en différents produits dont les uns, par exemple l'acide carbonique, sont éliminés, tandis que les autres, en se combinant avec les substances alimentaires, reforment la molécule primitive et rentrent ainsi dans le courant d'assimilation.

(1) Beaunis, *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, 3e, édit., I, p. 372.

Au point de vue mécanique, l'assimilation a pour effet un accroissement, la désassimilation une dépense d'énergie ; la première est un mouvement *an-énergique*, comme dit Bernstein, c'est-à-dire un mouvement ascendant, une accumulation d'énergie potentielle (1) ; la seconde est un mouvement *cat-énergique* ou descendant, une transformation d'énergie potentielle en énergie actuelle.

Comme, chez les végétaux, l'assimilation l'emporte sur la désassimilation, tandis que c'est l'inverse qui a lieu chez les animaux, il y a dans la nature organique, envisagée dans son ensemble, une sorte de mouvement rythmique d'un règne à l'autre, les végétaux accumulant de l'énergie, et les animaux l'utilisant soit sous forme d'énergie mécanique, comme dans la contraction musculaire, soit sous forme d'énergie physique ou d'énergie chimique, comme dans la production de la chaleur vitale et dans les fonctions digestives.

Si, après cela, on veut se faire une idée de la *variété* et de l'*intensité* du mouvement nutritif, que l'on réfléchisse à la complexité extrême de ce petit être microscopique que l'on appelle une cellule et que nous avons décrit tout à l'heure.

Indépendamment des parties structurées, dont l'organisation est poussée tellement loin que même aux plus forts grossissements on ne peut y apercevoir de limites, et qui cependant, elles aussi, sont soumises à la loi de la rénovation moléculaire, il y a, dans le protoplasme cellulaire, un mélange de composés chimiques qui déconcertent jusqu'à présent, par leur nombre et leur complexité, les recherches pourtant si patientes et si multipliées de la chimie moderne.

Il y a d'abord certains composés minéraux, des sels, par exemple ; il y a ensuite, en beaucoup plus grand nom-

(1) Voir plus bas.

bre, des composés propres aux êtres organisés, soit des composés azotés, tels que l'albumine, et en termes plus généraux les substances albuminoïdes, soit des composés non azotés, tels que les sucres, les graisses, les hydrates de carbone.

Les hydrates de carbone et les graisses ne sont que des substances ternaires, mais les substances albuminoïdes sont composées au moins de quatre, souvent de cinq corps simples et au delà, savoir l'oxygène, l'hydrogène, le carbone, l'azote, le soufre, etc.; et bien que l'on n'en connaisse pas la constitution moléculaire, les chimistes les plus autorisés évaluent à des centaines et même à des milliers les atomes qui entrent dans la composition de la molécule albuminoïde. Que l'on ajoute à cela une grande proportion d'eau, plusieurs ferments, et l'on se fera une idée approximative de la complexité énorme du protoplasme et des transformations chimiques qui se passent dans son sein.

Et avec quelle *mobilité* ces phénomènes s'accomplissent!

La nature a accumulé ici toutes les causes qui facilitent la circulation de la matière et favorisent ses transformations.

Une quantité considérable *d'eau* conserve à l'état de solution les substances destinées à réagir au sein du protoplasme.

L'*azote* domine dans les substances plasmiques, toutes les substances albuminoïdes en renferment. Il serait sans doute hasardé d'assimiler les matières albuminoïdes aux matières explosives, attendu que la composition des unes et des autres est toute différente; c'est cependant un fait digne de remarque que toutes nos substances explosives, la poudre, les fulminates, sont des composés azotés.

L'*oxygène*, ce réactif puissant entre tous, est constamment introduit dans la cellule par le processus respiratoire.

En outre, il y a dans le protoplasme des composés *isomères* et *polymères* en grand nombre : formés des mêmes

éléments, en même quantité soit absolue, soit au moins relative, ils se prêtent à des arrangements moléculaires multiples et variés et donnent ainsi naissance, selon l'interprétation courante parmi les chimistes, aux propriétés physiques et chimiques les plus différentes.

Enfin les composés chimiques des substances protoplasmiques sont généralement endothermiques, et il est par conséquent dans leur nature de restituer au milieu extérieur le calorique qu'ils ont dû absorber pour se combiner.

Ces causes, que nous ne faisons qu'indiquer, nous expliquent quelles doivent être l'*étendue* et l'*intensité* de ce double courant d'assimilation et de désassimilation qui constitue la *nutrition* du protoplasme.

Ce n'est pourtant pas, tant s'en faut, tout le mouvement vital de la vie cellulaire.

Le mouvement vital de la nutrition est avant tout d'ordre *chimique* et par conséquent *atomique*, encore que les phénomènes de *polymérie* et de *métamérie*, qui s'y mêlent, soient plutôt regardés comme des arrangements ou des mouvements moléculaires.

Mais il y a d'autres mouvements *physiques* ou *moléculaires* qui se passent sans relâche au sein de la cellule vivante. Il suffit de tenir pendant quelques secondes le regard fixé au microscope sur une portion de la substance protoplasmique pour la voir changer de forme et de place, circuler au sein de la cellule, vraisemblablement pour porter à toutes les parties du tissu cellulaire leur aliment approprié.

A vrai dire, ces mouvements gyratoires du protoplasme comporteraient déjà le nom de *mouvements de masse*, mais il y en a d'autres, chez les êtres vivants, qui réclament cette qualification à meilleur titre : ce sont ces mouvements extrêmement variés que les physiologistes rattachent à l'*irritabilité du protoplasme*. Tels sont les mouvements de déplacement de certains êtres monocellulaires, de l'amibe, par exemple, ou les mouvements « amiboïdiens » d'organismes plus compliqués ; tels les mouvements de con-

traction des muscles, les excrétions des glandes, les réflexes qui répondent aux excitations des terminaisons nerveuses : autant de phénomènes, fort disparates d'ailleurs, que les histologistes rattachent à une propriété fondamentale du protoplasme, son « excitabilité » ou son « irritabilité ».

Qu'est-ce que l'*irritabilité?*

Le terme n'est pas facile à définir, encore que les biologistes tombent assez aisément d'accord sur ses applications.

L'*irritabilité*, dit Richet, c'est la propriété de répondre par un mouvement à une force extérieure (1).

Mais une pierre que je pousse du pied répond aussi par un mouvement à une force extérieure. Elle n'est pourtant pas irritable.

Tout ce qui a vie est *irritable*, écrit Beaunis, c'est-à-dire réagit en présence d'une excitation (2).

Mais, encore une fois, qu'est-ce qui ne réagit pas en présence d'une excitation ?

Ce n'est pas la réaction, comme telle, c'est le mode *spécial* de sa réaction qui caractérise le tissu vivant.

On a dit que l'irritabilité consiste dans le pouvoir de développer une quantité considérable d'énergie sous l'influence d'une cause minime qui laisserait sensiblement indifférente une substance inorganisée.

On pourrait répliquer : Et la poudre, est-elle irritable ? Elle développe pourtant une quantité considérable d'éner-

(1) C'est, ajoute le physiologiste français, le caractère fondamental de tout être vivant. Glisson, et surtout Haller, continue-t-il, ont employé ce mot qui est excellent. S'il est bien compris, il donne en quelque sorte l'explication de toute la physiologie et par conséquent de la psychologie générale.

En tout cas, la vie de relation des animaux se ramène à ce terme unique : *irritabilité*, c'est-à-dire réponse à l'excitation extérieure. L'irritabilité est la *loi* générale de la vie; elle comprend à la fois la sensibilité, puisqu'un être n'est sensible que s'il est irritable, et le mouvement, puisque tout mouvement de l'animal suppose la provocation de ce mouvement par un agent extérieur. Richet, *Essai de psychologie générale*, p. 9.

(2) *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, I, p. 361.

gie sous une influence qui semble hors de proportion avec le résultat qu'elle détermine.

Ce n'est pas la *quantité* de la réaction qui caractérise l'activité des tissus organisés, c'est sa *qualité*.

D'où vient donc cette façon de parler des physiologistes!

A prendre les choses de haut, le tissu organisé est *contractile*. La manifestation la plus apparente de la contractilité est celle de la fibre musculaire. Sous l'influence de certaines excitations mécaniques, physiques ou chimiques, la fibre musculaire a le pouvoir de diminuer son diamètre longitudinal et d'augmenter son diamètre transversal : ce mouvement de la fibre s'appelle une *contraction* musculaire. Dans les conditions normales, la fibre contractée a le pouvoir de revenir d'elle-même à son état primitif, c'est-à-dire de *se relâcher*. Il y a donc dans l'activité d'un muscle une alternance de contraction et de relâchement, un rythme bien caractéristique qui a fait donner au pouvoir distinctif de la fibre musculaire le nom de *contractilité*. Il suffit d'accorder aux filaments du protoplasme cellulaire ou moléculaire le pouvoir de se contracter d'une façon analogue à celle du muscle, pour être amené à attribuer d'une façon générale à la matière fondamentale de la vie organique dans les deux règnes la propriété dite *contractilité* ou, en un terme plus vague, *irritabilité*.

Dès lors, comme tous les phénomènes qui se produisent dans les organismes vivants, contraction proprement dite, sécrétions, activité nerveuse, etc., sont censés devoir leur origine au protoplasme primitif plus ou moins différencié, il devenait naturel de chercher à rendre compte des manifestations les plus variées de la vie des organismes supérieurs par une propriété tout à fait générale du protoplasme : c'est cette propriété qui a pris le nom élastique d'*irritabilité*. A vrai dire, cette propriété n'explique rien ; c'est la désignation globale d'un ensemble de propriétés, les propriétés des éléments tissulaires des orga-

nismes, plutôt qu'une définition ou même qu'une dénomination précise d'une propriété déterminée. « L'irritabilité n'est pas, comme on l'a cru, observe Beaunis, exclusive aux éléments contractiles, elle est générale; tous les éléments doués de vie la possèdent; seulement la réaction, c'est-à-dire la manifestation consécutive à l'irritation, varie suivant la nature de l'élément irrité : pour la fibre musculaire, c'est une contraction; pour la cellule glandulaire, une sécrétion; pour la cellule épithéliale ou connective, une multiplication cellulaire; pour la cellule nerveuse, un des modes divers de son activité, perception, sensation, ou tout autre. »

Fermons cette parenthèse sur la définition de l'irritabilité, et poursuivons notre analyse du mouvement vital.

Il y a donc dans la cellule vivante, outre les mouvements *chimiques* de la nutrition, outre les mouvements *physiques* intracellulaires du protoplasme, des mouvements *de masse* extrêmement variés qui sont dus à l'irritabilité du protoplasme.

Mais ces mouvements eux-mêmes ne sont pas un but dernier dans le fonctionnement de la vie, ce sont des *moyens*, des moyens au service de la cellule qui, en se nourrissant, en faisant agir ses tissus, s'accroît, se divise, se développe, en un mot parcourt les différentes phases qui constituent *le cours d'une vie chez un être organisé*.

Quelles sont ces phases différentes ?

Chez les protozoaires, la vie de la cellule a pour terme une simple division cellulaire. La cellule se nourrit, s'accroît par la nutrition, et, à un moment donné, se divise en deux moitiés qui deviennent bientôt semblables à la cellule d'où elles sont issues, et sont capables de se multiplier à leur tour.

C'est la vie sans fin, semble-t-il, la vie immortelle. La cellule-mère ne meurt pas, ne laisse pas de cadavre; les deux cellules-filles ne sont que des parties de la cellule

primitive qui se poursuit dans sa descendance. Telle est la thèse de Weismann (1). Les organismes unicellulaires sont immortels, dit-il; la mort n'apparaît qu'avec les métazoaires ; là il n'y a plus que certaines cellules privilégiées, à savoir les cellules reproductrices, que l'on puisse regarder comme immortelles ; les autres, c'est-à-dire les cellules « somatiques », n'ont qu'une existence éphémère, elles périssent avec l'individu qu'elles concourent à former. Au surplus, chez les êtres qui se reproduisent par fécondation, la cellule primitive est le fruit de l'union de deux cellules-parentes dont chacune isolément serait stérile, et la vie de la cellule fécondée ne se résume pas en un nombre plus ou moins considérable de simples divisions, mais embrasse une série extrêmement compliquée de phénomènes de différenciation et de développement que l'on désigne globalement sous le nom d'évolution embryonnaire.

Nous reviendrons plus loin sur les phénomènes du développement de l'embryon.

Nous voulons considérer maintenant le phénomène primordial de la division cellulaire, peu importe d'ailleurs que la cellule qui se divise constitue à elle seule un être complet monocellulaire ou qu'elle soit la première cellule de segmentation d'un être polycellulaire.

A vrai dire, même chez les protozoaires, la vie semble bien n'avoir pas la pérennité qu'avait rêvée Weismann, car il paraît que tôt ou tard les produits de la division de la cellule primitive sont impuissants à se reproduire s'ils ne régénèrent, par un phénomène d'accouplement, c'est-à-dire de véritable fécondation, leur vitalité épuisée (2).

(1) Weismann : *La Question de la transmissibilité héréditaire des caractères acquis*. BIOLOGISCHES CENTRALBLATT, B^d VI, n. 2. Voir la collection des principaux mémoires de Weismann, publiée par Poulton, etc. Oxford, 1891, *Life and Death*, p. 160. — Cfr Delbœuf, REVUE PHILOSOPHIQUE de Paris, mars et avril 1891.

(2) M. Maupas a publié dans les ARCHIVES DE ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE ET GÉNÉRALE de Lacaze-Duthiers, année 1888, un mémoire extrêmement remarquable intitulé : *Recherches expérimentales sur la multiplication des*

Mais cela importe peu : l'essentiel est de noter que pour nous, qui envisageons les phénomènes de la vie dans leur ensemble, il y a lieu de distinguer *dans le cours de la vie des êtres vivants en général* les phénomènes de *la division cellulaire*, ceux de *la fécondation* et ceux de *l'évolution des embryons.*

Commençons par *la division cellulaire.*

Les cytologistes distinguent deux modes principaux de division cellulaire : la division *directe* et la division *indirecte.*

La division *directe* n'offre rien de bien remarquable : c'est tout simplement la scission de la cellule en deux par une sorte d'étranglement progressif de la membrane, du protoplasme et du noyau, sans que ces éléments subissent dans leur intimité de changement bien notable. La division directe est du reste à l'état d'exception dans la nature, et certains biologistes la regardent comme une sorte de dégénérescence pathologique de la vie normale de la cellule.

Tout autre est la division *indirecte*, dite aussi *caryocinèse* (κάρυον, noyau, et κίνησις, mouvement) à raison des phénomènes extraordinaires qui se passent dans le noyau au moment de la division.

infusoires ciliés, où il décrit les résultats de ses recherches sur les phénomènes sexuels chez les protozoaires. Il a expérimenté notamment sur les Stylonichies, *Stylonichia pustulata*. Il a suivi la division de cet infusoire jusqu'à la 316e division. Il a vu les produits successifs de la division se réduire de plus en plus, et à partir d'un certain moment manifester de moins en moins d'inclination pour la conjugaison, et les unions, quand alors elles se font, se montrer de moins en moins heureuses; vers la 230e génération, les unions sont ordinairement stériles; plus loin encore, les individus s'atrophient et ne cherchent plus à se conjuguer.

Pour que la vie de l'espèce se perpétue, il faut que deux individus différents, que l'on peut considérer comme sexués, s'unissent et se fusionnent partiellement. C'est vers la 130e génération qu'apparaissent ces individus soi-disant sexués. Pendant environ une cinquantaine de générations subséquentes, les conjugaisons sont nombreuses et, la conjugaison faite, les conjoints semblent revivifiés et le cycle des générations agames peut recommencer.

L'immortalité des protozoaires n'est donc qu'apparente. Ici, comme partout dans les deux règnes de la vie organique, l'individu naît, vit et meurt, l'espèce seule se perpétue.

Quelle merveille! Si l'on n'avait suivi de ses yeux ces phases étonnantes de la division et de la multiplication de la cellule, on se refuserait à y croire. Et pourtant non, ce n'est pas du roman, c'est de l'histoire, une histoire qui se répète journellement des milliards et des milliards de fois dans la nature.

« La première fois que j'en fus témoin, dit Rindfleisch (1), grâce à l'obligeance du professeur Flemming qui avait mis ses préparations à ma disposition, je me demandai à moi-même avec stupéfaction : Quoi, est-ce ton esprit qui a passé là? La cellule a-t-elle donc la même intelligence que toi? Si l'on était chargé de partager en deux un long filament comme celui-là, s'y prendrait-on autrement que ne le fait la nature? »

Les filaments de nucléine qui, dans un noyau à l'état quiescent, semblent n'avoir pas d'orientation particulière, prennent, au moment où le noyau va se diviser, une disposition déterminée; ils perdent leur aspect habituel et s'enroulent en forme de *peloton*, plus ou moins serrés, plus ou moins disjoints, selon le degré d'avancement de cette *première phase* que l'on peut appeler *de forme pelotonnée*. (Voir fig. 2 et 3.)

La concentration et, selon toute apparence, l'augmentation de la nucléine déterminent une réaction énergique de l'élément nucléinien sur les matières colorantes, ce qui aide à mettre en relief les stades successifs du processus. Au second stade, le peloton se segmente; les produits de la segmentation se plient d'habitude en forme d'anses, ce qui leur a fait donner le nom *d'anses chromatiques;* d'autres auteurs les appellent des *chromosomes*. C'est la *phase de segmentation* ou, si l'on veut, de l'individualisation des chromosomes (2).

(1) Rindfleisch, *Arztliche Philosophie*, Festrede gehalte am 2ten Januar. 1888, im Würzburg, S. 16.

(2) C'est ainsi que la désigne M. Vialleton dans un article qui a paru dans la *Revue scientifique*, le 28 mai de cette année, après que notre travail manuscrit était achevé et avait fait l'objet de nos leçons à l'Institut philosophique de Louvain en décembre 1891 et en janvier 1892.

La phase suivante est caractérisée par la formation d'une *couronne* ou *plaque équatoriale*. Au cours des deux phases précédentes, un certain nombre de filaments très ténus, insensibles aux colorants de l'élément nucléinien, et appelés pour cela *filaments achromatiques*, se réunissent en forme de fuseau. Les anses chromatiques glissent le long des fils du fuseau et vont se ranger dos à dos à l'équateur du fuseau nucléaire. La figure formée par ces anses entrecroisées simule une espèce d'étoile ou de couronne, ou une plaque, selon le point de vue sous lequel on la considère, ce qui justifie le nom que les biologistes ont adopté pour caractériser cette partie du processus de la division cellulaire, *phase de la couronne ou de la plaque équatoriale* (fig. 4-6).

Chose remarquable, les branches de ces anses chromatiques groupées à l'équateur sont en nombre égal des deux côtés de l'équateur, huit, douze, seize, vingt-quatre, généralement sinon toujours, dit M. Éd. Van Beneden, des multiples de quatre.

Toute notre attention a été concentrée jusqu'ici sur le noyau; portons-la un instant sur la cellule, car à côté de la caryocinèse, il y a la cytodiésèse, et rien n'autorise à affirmer que les phénomènes de la division nucléaire, pour être plus apparents grâce aux substances colorantes que l'on a pu trouver pour les mettre en lumière, priment en importance réelle les phénomènes qui se passent au sein du protoplasme. Le contraire pourrait bien être vrai.

Toujours est-il que, concurremment avec les figures caryocinétiques que nous avons décrites jusqu'à présent, il se forme aux pôles du fuseau des étoiles achromatiques brillantes, des *astres*, comme on les a appelées; elles se trouvent aux deux extrémités d'un axe perpendiculaire au plan équatorial et sont rattachées l'une à l'autre au moyen du fuseau achromatique (fig. 4-6). Les deux *astres* seraient, selon l'interprétation de M. Éd. Van Beneden (1), deux

(1) *Archives de biologie*, IV, p. 550.

centres d'attraction comparables à deux pôles magnétiques. Le fait est que leur apparition coïncide avec un arrangement régulier des fibrilles treillissées du protoplasme et de la substance nucléaire achromatique par rapport à ces centres, de la même manière qu'un aimant provoque l'arrangement stellaire de la limaille de fer sur la feuille de papier sous laquelle se trouve placé l'aimant.

Si nombreux et si variés que soient les phénomènes dont nous avons esquissé la description jusqu'à présent, ils ne constituent ni une division cellulaire, ni même une division nucléaire proprement dite : ce sont des phénomènes *préliminaires* à la division du noyau.

C'est après la disposition des filaments du réseau nucléinien en peloton, après la segmentation du peloton et la réunion des segments, en forme de couronne, à l'équateur du fuseau nucléaire, c'est alors et alors seulement que se produit, à proprement parler, la division du noyau.

Les anses chromatiques se sectionnent *longitudinalement* de façon que chacune d'elles est l'origine de deux anses de dimensions égales (1).

C'est là le phénomène central de la division cellulaire.

Les phases précédentes étaient destinées à le préparer ;

(1) « C'est là, observe M. Vialleton, dans l'article cité plus haut, un moyen à la fois très élégant et très sûr de partager la chromatine des anses en moitiés rigoureusement égales; il serait, en effet, assez difficile d'arriver autrement à ce but, étant donné que les deux branches d'une même anse sont le plus souvent inégales en longueur, et que leur sectionnement au niveau du pli de l'anse donnera deux fragments inégaux. Le mécanisme de cette division est peut-être favorisé par ce fait que les anses seraient constituées par deux files parallèles de grains (microsomes de Balbiani) assez facilement séparables, peut-être réside-t-il uniquement dans la traction en deux sens opposés, exercée sur une anse par les fils du fuseau, comme nous le verrons plus loin. Loin de faire cependant de cette division le résultat d'actions purement mécaniques, Boveri, qui a étudié avec soin la division cellulaire, regarde la formation des anses jumelles comme une manifestation vitale personnelle, un acte de reproduction des éléments chromatiques, opinion qui paraît tout à fait soutenable, si l'on réfléchit que la division en deux d'un corps préexistant est certainement le mode de reproduction le plus simple et le plus primitif. »

celles qui vont suivre sont destinées à l'utiliser pour la reconstitution de deux nouveaux noyaux et ultérieurement de deux nouvelles cellules.

A partir de ce moment, les anses chromatiques dédoublées s'éloignent de l'équateur, elles s'infléchissent de façon à tourner leur convexité vers les pôles, leur concavité vers le plan équatorial; disposées ainsi face à face, elles cheminent vers les pôles et vont y former deux couronnes analogues à celle qu'elles formaient ensemble à l'équateur : ce sont les *couronnes polaires,* ou, d'un seul mot, le *dyaster* de Flemming (fig. 7-9).

Il suffit alors que les segments se rejoignent pour reformer les filaments nucléiniens ; une membrane enveloppante se forme, elle isole la partie centrale de la cellule, du corps cellulaire ou cytoplasme, et le nouveau noyau est constitué.

Ainsi s'opère la multiplication du noyau, soit que la cellule reste unique et donne ainsi naissance à une cellule binucléée ou, par la suite, multinucléée, soit que la division du noyau soit suivie de la division du protoplasme cellulaire et que la cellule primitive engendre ainsi, par la formation d'un sillon circulaire transversal et comme par une sorte d'étranglement, deux cellules distinctes et complètes (1).

Les jeunes noyaux et le protoplasme des cellules-filles s'accroissent alors par le moyen de la nutrition, jusqu'à ce qu'à un moment donné chacune d'elles recommence, pour son compte, la série de transformations qui l'a amenée au jour.

(1) M. Carnoy propose d'appeler du nom de cytodiérèse le phénomène complet de la divison cellulaire; ce phénomène ainsi entendu embrasse deux périodes, la division du noyau ou la karyodiérèse, et la division partielle ou totale du protoplasme ou la plasmodiérèse. Les mouvements si remarquables de la karyodiérèse, il les appelle d'un seul mot la karyocinèse, figures karyocinétiques, par opposition au mode moins compliqué de la division, par étranglement ou par sténose. Il estime d'ailleurs que ces deux modes de division ne sont pas aussi opposés l'un à l'autre qu'il semble; entre ces deux modes extrêmes, il y a toutes les transitions et tous les degrés de combinaison imaginables.

Ce processus de division cellulaire est le mode élémentaire de reproduction des êtres inférieurs.

Chez les êtres plus élevés dans l'échelle de la vie, qui demandent le concours de deux sexes différents pour se reproduire, le phénomène déjà si compliqué de la division cellulaire est précédé, nous l'avons déjà noté, d'une série de phénomènes préliminaires dont l'aboutissement définitif est la *fécondation*.

Quels sont ces phénomènes préliminaires? Qu'est-ce que la fécondation à laquelle ils aboutissent?

Ces phénomènes préliminaires, chez l'*Ascaris megalocephala* où on les a principalement étudiés, se résument dans le rejet par l'ovule et par le zoosperme d'une partie de leur contenu cellulaire. La cellule-œuf élimine d'ordinaire deux portions successives de son noyau, ce sont les globules polaires; la partie restante, appelée pronucleus-femelle, est l'œuf à féconder.

Le zoosperme, de son côté, se débarrasse également d'une partie de son contenu cellulaire, et la cellule ainsi réduite devient le spermatozoïde ou le pronucleus mâle.

Le pronucleus mâle vient ainsi compléter la cellule-œuf réduite de la façon que nous venons de dire, ou le pronucleus femelle, et en faire une nouvelle cellule complète.

Cette reconstitution d'une cellule aux dépens de deux cellules réduites, d'une cellule revivifiée et pourvue de toute l'énergie nécessaire pour se transformer, en passant par une série de stades de plus en plus complexes, en un individu semblable au parent, tel est essentiellement le phénomène de la fécondation.

Nous revenons ainsi aux phénomènes de division cellulaire décrits plus haut.

La première cellule embryonnaire, dite cellule de segmentation (1), va se diviser (fig. 11[a]). Lors de cette division,

(1) Voir chez O. Hertwig, *Traité d'embryologie*, Paris, Reinwald, 1891, la fig. 30. Différents stades de la segmentation, p. 50.

le pronucleus mâle et le pronucleus femelle concourront chacun pour moitié à la formation des anses chromatiques et par suite à l'édification des noyaux-fils.

A la première segmentation succède bientôt, après une première période de repos, une deuxième segmentation, puis une troisième, une quatrième et ainsi de suite. Chaque fois, le noyau et le protoplasme de chacun des blastomères repassent par toute la série des transformations que nous avons décrites pour la première segmentation. Les deux premières cellules-filles se divisent donc rapidement en 4, puis celles-ci en 8, 16, 32, 64 segments ou blastomères. Ce processus continuant à se renouveler, l'œuf se transforme en un amas sphérique de cellules, auquel on donne le nom de *morula*, parce que les diverses cellules qui le constituent font à sa surface de petites saillies, ce qui lui donne l'aspect d'une mûre (1) (fig. 11[b-d]).

Ce germe pluricellulaire éprouve certaines modifications qui ont pour résultat d'écarter les cellules embryonnaires et de creuser au milieu du germe une petite *cavité de segmentation*, remplie d'un liquide. Étroite au début, cette cavité s'élargit progressivement, de telle sorte que le germe augmente beaucoup en surface, en même temps que les cellules qui en occupaient primitivement le centre deviennent superficielles. Le germe, arrivé à ce stade, prend le nom de *blastula* (fig. 12).

La blastula n'est donc qu'une sphère creuse dont la paroi est constituée par une ou plusieurs couches de cellules. Un seul processus a présidé à sa formation, c'est celui de segmentation.

A partir de ce stade, l'évolution embryonnaire va visiblement se compliquer.

C'est de cette sphère, en effet, que vont sortir ces organismes adultes si compliqués où tant d'organes hétérogènes concourent à la constitution d'un être capable de se

(1) *Ibid.*, p. 62.

nourrir, de se multiplier, peut-être de sentir et de se déplacer dans l'espace.

Il nous serait évidemment impossible de montrer, même à grands traits, les différentes directions que prennent les germes élémentaires des organismes vivants pour former cette richesse extraordinaire de types que les naturalistes ne suffisent pas à classer dans les deux règnes de la vie.

Ici aussi cependant, ici surtout, semble-t-il, la nature réalise les effets les plus compliqués et les plus variés par des moyens d'une simplicité qui semble presque puérile.

Deux principes généraux dominent toute l'ontogénèse, *le principe de l'accroissement inégal* de la couche de cellules qui forment la membrane périphérique de la blastula, et *le principe de la division du travail* et de la différenciation histologique.

Quels sont les principaux faits que l'on embrasse sous le nom de loi ou de *principe de l'accroissement inégal* de la couche cellulaire ?

Supposé que les différents éléments constitutifs d'une membrane cellulaire ne se divisent jamais que d'une façon *uniforme,* la sphère primitive pourra bien s'épaissir ou s'étendre en surface, le diamètre de la sphère augmentera, mais la forme extérieure restera invariablement la même et l'embryon ne franchira pas le stade de la blastula où nous l'avons jusqu'ici considéré.

Mais qu'au milieu de cette membrane de cellules il se produise, plus rapidement que sur les points voisins, un certain nombre de divisions cellulaires, que la division se fasse perpendiculairement à la surface de la membrane, la membrane prendra aussitôt une extension marquée. En même temps, elle exercera une pression sur les cellules environnantes qu'elle tendra à écarter. Mais si celles-ci résistent, elles formeront à la membrane, selon l'expression de His, une sorte de cadre rigide qui l'obligera à se plisser. Que le processus continue, et il se formera, aux dépens de la membrane primitive, une partie morphologiquement distincte du reste, un organe spécial.

La membrane de la blastula enveloppant une cavité, le plissement peut se faire soit vers l'intérieur de la cavité, *par invagination* (fig. 13), soit à la surface extérieure, *par évagination*.

C'est par un processus d'invagination que la couche de cellules qui constitue la paroi de la blastula forme ce que l'on a appelé les deux premiers feuillets germinatifs de l'embryon. La couche forme, en se plissant, une sorte de bourrelet rentrant, lequel va s'accentuant et forme comme une doublure à la couche périphérique; cette doublure ou ce feuillet interne c'est l'*endoderme*, le feuillet externe c'est l'*ectoderme*.

Un double plissement de l'endoderme forme le *mésoderme* (fig. 14). Voilà donc les trois feuillets germinatifs primordiaux qui dérivent, par une simple formation de replis, de la couche cellulaire primitive.

Les glandes, le système nerveux central, certaines parties des organes des sens, etc., sont formés par invagination.

Les papilles de la langue, les villosités intestinales qui donnent à la surface de la muqueuse de l'intestin grêle un aspect velouté, sont formées par une sorte d'évagination.

Ajoutez à ce double processus de plissement intérieur ou extérieur les modifications formées par *résorption* de segments de la couche cellulaire, telle la perforation de l'orifice buccal, de l'orifice anal, de fentes branchiales, etc., ou par *fusionnement*, telle la fermeture des fentes branchiales, la formation des glandes, du foie, par exemple, et vous aurez les grandes lois du développement de la forme extérieure d'un embryon, depuis la première segmentation cellulaire jusqu'aux stades les plus compliqués des organismes adultes.

Le *second principe* qui gouverne l'évolution embryogénique, c'est, disions-nous, celui *de la division du travail et de la différenciation histologique*.

Au bas de l'échelle de la vie, on ne connaît pas jusqu'à présent l'existence d'organes spéciaux pour l'accomplissement des fonctions, multiples cependant, dont l'être vivant se montre doué. Mais à mesure que l'on s'élève aux degrés supérieurs, on voit les fonctions se localiser dans des organes distincts, formés de tissus spéciaux, la motilité appartenir au tissu musculaire, la sensibilité résider dans le tissu nerveux, la fonction de reproduction à certain tissu glandulaire spécial, et ainsi de suite. C'est, dit Hertwig, « en vertu de la loi de la division du travail et de la différenciation histologique qui en est la conséquence. »

Mais la division du travail, qu'est-ce autre chose que la spécialisation et la localisation des fonctions? Or pour qu'un groupe localisé de cellules accomplisse une fonction spéciale, ne faut-il pas qu'elles soient déjà histologiquement différenciées? La spécialisation des fonctions ou « la division du travail » n'est donc pas la cause, mais la conséquence de la différenciation des tissus.

Mais alors, dira-t-on, d'où vient la différenciation des tissus?

Il doit manifestement exister dans la cellule elle-même, antérieurement à la différenciation histologique et à la division du travail physiologique qui en est la conséquence, une raison explicative de l'une et de l'autre.

Il est naturel de supposer ensuite que les différences morphologiques des éléments de l'organisme cellulaire entraînent des différences dans leur mode de nutrition. Chaque élément anatomique emprunte au suc protoplasmique l'aliment qui lui convient. La nutrition accentue donc les différences primordiales de l'organisme cellulaire; au cours de la prolifération des cellules, chaque groupe homogène de cellules ayant la propriété d'absorber dans le protoplasme certaines substances déterminées, se modifie de plus en plus en se les assimilant, et l'on comprend ainsi que des tissus distincts se forment progressivement et se réservent alors le travail physiologique en

harmonie avec leur constitution histologique particulière.

Et que l'on n'objecte pas que la cellule ne révèle point, même à l'état rudimentaire, les différenciations qui seraient supposées correspondre à la diversité multiple des tissus futurs.

On sait, en effet, que la cellule, cette masse microscopique de protoplasme, que jadis l'on croyait amorphe, est d'une complication telle que les plus forts grossissements ne permettent pas d'y assigner des limites.

Et si l'on objectait qu'en fait aucun histologiste n'a vu dans le tissu cellulaire la différenciation même rudimentaire de chacun des éléments anatomiques dont nous avons besoin, nous répondrions au nom de la logique qu'il n'est pas permis de nier une chose pour la simple raison qu'on ne l'a pas vue.

Qui donc oserait se flatter d'avoir tout vu ou d'être en mesure de jamais tout voir ?

Arrêtons-nous. Nous sommes arrivés au terme de la première partie de notre étude sur la notion *scientifique* de la vie.

L'être vivant, nous avaient dit les biologistes, c'est l'être organisé, et les fonctions de la vie sont celles qui sont dépendantes de l'organisation.

Pour étudier l'être organisé et les fonctions qui lui sont propres, il nous fallait descendre, ajoutaient-ils, à l'organisation élémentaire de la cellule et en considérer les fonctions.

Nous avons donc étudié d'abord l'organisation de la cellule.

Puis nous avons regardé de près son fonctionnement et nous avons vu qu'il se révèle sous la forme d'un mouvement intense, extrêmement complexe, atomique ou chimique, moléculaire ou physique, et de masse ou mécanique.

Ce mouvement lui-même, si compliqué soit-il déjà, est emporté dans un mouvement plus large au moyen duquel

la cellule primordiale accomplit le cours de sa vie individuelle et perpétue la vie de l'espèce. L'orbite plus large de ce mouvement nouveau embrasse la *croissance* de l'individualité cellulaire ; puis sa *multiplication* ou sa reproduction, soit par simple division cellulaire, soit par une préparation préalable d'éléments de sexes différents destinés à former par leur union une cellule nouvelle *fécondée*, c'est-à-dire revivifiée et capable de proliférer; et enfin la segmentation progressive de cette cellule primordiale et son *développement* par voie de différenciation histologique et de division du travail jusqu'à la constitution définitive des organismes complexes qui peuplent les deux règnes.

Dans la *seconde partie* de cette étude *scientifique*, nous allons tâcher de dégager les conclusions générales que nous suggère la première.

Nous tâcherons de synthétiser les résultats de notre analyse et de déterminer quels sont les caractères essentiels et de l'*être organisé* que nous avons vu décrire et du *mouvement vital* dont nous avons observé les phases successives.

Nous comparerons alors le mouvement vital au mouvement des êtres qui ne vivent pas et nous nous approcherons ainsi du but final de tout notre travail, la définition philosophique de la vie.

Quels sont donc les caractères distinctifs essentiels de l'*être organisé ?*

C'est la *coordination* de ses organes et de ses éléments anatomiques, c'est la *subordination* de leurs fonctions.

Soit que l'on considère les organes à l'œil nu, soit qu'on étudie microscopiquement leurs éléments, ils ne nous apparaissent jamais comme disjoints, jetés pêle-mêle au hasard des circonstances ; ils sont reliés les uns aux autres suivant une disposition régulière, dépendant l'un de de l'autre, se balançant l'un l'autre, et concourant par leur structure respective à la constitution harmonieuse *d'un tout* dont ils sont les *parties*.

Milne-Edwards, l'éminent naturaliste du Muséum de Paris, a admirablement mis en lumière cette corrélation des organes dans les organismes. Prenant pour exemple la dent carnassière du lion (voir fig. 15), il montre comment la structure de ce seul organe, l'examen de ses particularités permettent de déduire la structure du reste du corps et l'histoire presque entière de l'animal, tant est général l'accord qui règne entre la conformation de chacun de ces instruments et l'ensemble de l'organisation. « Ainsi, observe-t-il, par la seule inspection de cette dent carnassière, nous pouvons dire que l'animal à qui elle a appartenu devait avoir une charpente osseuse destinée à porter cet organe et à soutenir aussi toutes les parties du corps ; il avait donc un squelette : or, cette charpente interne n'existe jamais sans qu'elle ait à protéger un axe cérébro-spinal. L'animal, par cela seul qu'il avait cette dent, avait donc nécessairement un cerveau, un cervelet, une moelle épinière et des nerfs nombreux ; et ce cerveau et ces nerfs supposent à leur tour l'existence d'organes des sens servant à établir des rapports entre l'animal et le monde extérieur. Par le mode de structure de cette dent, on peut affirmer qu'elle appartenait à un animal pourvu d'un appareil circulatoire très complet, et dont les os se développent de façon à constituer autour des germes dentaires une loge profonde, caractère qui ne se voit que chez certains quadrupèdes ; on peut même affirmer que ce quadrupède était un mammifère. Par la forme de cette même dent, on voit encore qu'elle est destinée à couper de la chair ; elle appartenait donc à un mammifère carnassier. Mais, pour digérer la chair dont il se nourrissait, ce carnassier devait avoir un estomac et des intestins conformés d'une certaine manière, et, pour s'emparer de sa proie, il lui fallait des organes de locomotion et de préhension. En poursuivant ce raisonnement, on arrive, de déduction en déduction, à déterminer tous les caractères les plus saillants de l'animal ; et les relations

qui existent entre les diverses parties de l'économie animale sont si fixes que, même dans les cas où la raison de ces rapports est inconnue, on peut souvent être certain qu'ils ne manqueront jamais, et qu'on peut s'en servir d'une manière en quelque sorte empirique pour compléter l'histoire de l'être qu'on étudie. C'est de la sorte que l'on voit souvent se traduire, pour ainsi dire, au moyen de signes externes, le mode de structure des organes les plus cachés, et c'est de la sorte aussi que, par l'étude de débris d'ossements enfouis dans les diverses couches du globe, on est arrivé à connaître le mode de conformation d'une foule d'animaux dont la destruction complète a précédé de longtemps l'existence de l'homme sur la terre. Cuvier est le premier qui soit parvenu ainsi à reconstituer les animaux perdus, et c'est là un des plus beaux titres de gloire de ce naturaliste éminent. »

Dès les débuts, du reste, de la vie embryonnaire, les êtres vivants manifestent la coordination merveilleuse qui prépare les organismes futurs.

Nous avons décrit longuement plus haut les phases diverses de la division cellulaire. Est-il possible de rien imaginer de plus harmonieusement beau? Et lorsqu'on réfléchit au nombre, à la variété de ces divisions cellulaires et aux relations presque infinies qui doivent s'établir entre les cellules qui en dérivent pour constituer finalement un organisme complet, pourrait-on ne pas redire avec le savant professeur de Wurzbourg : « Est-il vrai que la cellule n'est que matière, ou y a-t-il une intelligence comme la nôtre qui est logée là? »

Car enfin, à ne tenir compte que des éléments engagés dans l'organisme avec les forces que nous leur retrouvons en dehors du règne de la vie ou après la décomposition des substances organisées, rien n'empêche qu'ils aillent de çà de là s'entasser en chaos ; rien n'exige qu'ils se différencient en tissus variés; laissés à eux-mêmes, selon toutes les prévisions du calcul des probabilités, ils

suivraient les caprices du hasard et n'engendreraient que le gâchis.

Or, en fait, les éléments cellulaires vivants et les cellules s'associent en groupes réguliers, l'hétérogénéité de chacun des groupes s'accuse en même temps que se maintient l'homogénéite de ses éléments, les tissus se forment, les organes et les appareils se constituent, tandis que ces unités anatomiques, si multiples et si variées soient-elles, ne cessent pas cependant d'appartenir à une unité supérieure, qui est celle de l'organisme entier.

Est-ce à dire que certains éléments anatomiques ne puissent pas se détacher de l'ensemble et jouir néanmoins, dans leurs conditions nouvelles d'isolement, de telles ou telles propriétés qu'ils manifestaient dans leur état d'union? Nous sommes loin de le soutenir. L'*unité* n'est pas la *simplicité*. L'organisme est *un*, ses parties constitutives sont harmonieusement coordonnées dans une unité *indivisée* ou indivise, mais *l'indivision* n'est pas *l'indivisibilité ;* rien n'empêche par conséquent que tel élément qui *actuellement fait partie* d'un tout organisé, ne forme, l'instant d'après, une réalité isolée douée des propriétés compatibles avec les conditions que son isolement entraîne. Ce qui importe, et c'est ce que nous avons voulu souligner, c'est la mutuelle dépendance des éléments anatomiques, aussi longtemps qu'ils font partie de l'individualité organisée, et le caractère tout relatif de chacun d'eux dans l'unité constitutive de l'ensemble.

Cette première unité en suppose une autre, que nous avons appelée unité de *subordination* ou de *nature*.

Par *nature*, nous entendons le sujet individuel lui-même, mais en l'envisageant à un point de vue spécial, celui des activités dont il est originairement le principe, et de leur convergence vers le terme auquel elles viennent finalement aboutir.

Dire que l'être vivant témoigne d'une unité de nature, c'est donc dire que les *fonctions* que ses organes accom-

plissent sont mutuellement dépendantes et *hiérarchiquement subordonnées* à un terme ultime qui n'est autre que la conservation et le bien-être du sujet vivant et de son espèce.

Milne-Edwards rappelle à ce propos la loi formulée par Jussieu sous le nom de *principe de la subordination des caractères*. « Il est évident, par exemple, que chez un mammifère, dont le système dentaire est disposé pour couper de la chair et pour saisir une proie vivante, le tube digestif doit être approprié au régime carnassier, et diffèrera de celui d'un animal herbivore ; mais cet appareil digestif resterait inactif si l'animal n'était organisé de manière à pouvoir s'emparer de la proie dont il doit se nourrir : il faut que ses mouvements soient rapides et puissants ; il lui faut donc un système de leviers favorablement disposés pour la locomotion, et des muscles d'une grande énergie ; or, l'énergie des contractions musculaires suppose une respiration active ; et les rapports de l'atmosphère avec la profondeur de l'organisme ne peuvent se bien établir qu'à l'aide d'une circulation rapide des liquides nourriciers. Ce régime carnassier nécessite aussi chez l'animal chasseur des organes des sens très parfaits pour le guider dans la recherche de sa proie, et des instruments de préhension, pour qu'il puisse s'en saisir lorsqu'il l'aura atteinte. La disposition du système nerveux, du squelette, de l'appareil de la circulation, et des organes respiratoires devra donc être en harmonie avec le caractère particulier de l'appareil digestif, ou plutôt toutes ces parties seront, à certains égards, dans une dépendance mutuelle dont la nécessité est évidente. »

Est-ce à dire qu'il y ait chez l'être organisé une ou plusieurs fonctions d'ordre supérieur, des « caractères dominateurs », comme disait Cuvier, entraînant toujours à leur suite un certain ensemble de propriétés secondaires dont ils seraient la source originelle ?

Non ; la subordination d'un agent physiologique à un

autre n'est que *relative :* tous sont, à leur rang hiérarchique, subordonnés au fonctionnement normal de l'ensemble.

Nous avons montré plus haut comment, chez les organismes compliqués, les fonctions multiples de digestion et d'absorption, de circulation et de respiration, de sécrétion enfin, sont en connexité avec la fonction de nutrition.

La nutrition à son tour est dépendante de l'irritabilité du protoplasme, tout comme l'irritabilité du protoplasme est dépendante de la nutrition.

Il est manifeste, en effet, que les filaments du protoplasme ne conserveraient pas leur pouvoir contractile s'ils n'étaient pas constamment renourris par les substances nutritives du protoplasme, et le protoplasme lui-même ne poursuivrait pas indéfiniment son travail d'assimilation et de désassimilation s'il n'était pas sous la dépendance d'un tissu vivant, dont la propriété distinctive est tout juste d'ouvrir ses mailles aux substances étrangères et de les refermer pour en exclure les déchets qui lui sont devenus nuisibles ou inutiles.

Mais il n'y a aucune raison de considérer une de ces fonctions comme « dominant » l'autre ; toutes les deux, au contraire, sont dominées par les causes plus profondes en vertu desquelles l'individu évolue et l'espèce se conserve.

Cette domination se fait sentir jusque dans les profondeurs des tissus et des éléments anatomiques.

Ceux-ci ont sans aucun doute leur autonomie relative. Le tissu musculaire se contracte, le tissu glandulaire sécrète, chaque cellule se nourrit à sa façon, emprunte au liquide nourricier les substances qui répondent à ses affinités électives spéciales ; mais cette autonomie est essentiellement *relative*, c'est-à-dire subordonnée aux exigences de l'ensemble. La contraction du tissu musculaire, la sécrétion des glandes ne vont pas à l'infini, elles sont limitées aux besoins de l'organisme ; la nutrition des cellules est limitée, leur appetit est réglé, s'il est permis

d'ainsi dire, réglé en quantité et en qualité, par les besoins de la plante ou de l'animal.

Virchow compare l'autonomie des cellules à la liberté des citoyens dans un État : chaque citoyen a sa sphère d'activité propre, mais limitée par la sphère d'activité du voisin et par les exigences du bon ordre social et du bien général.

Telle est donc la double unité de constitution et d'activité, unité morphologique et physiologique qui marque de son empreinte les êtres organisés.

A vrai dire même, cette unité n'est pas double, mais simple. Car, en définitive, l'*organe* est pour la *fonction;* si la substance *est*, c'est pour *agir*, de sorte que la première unité rentre dans la seconde, et par conséquent l'ordre entier que révèle la vie organique se résume dans *l'unité de nature* des êtres organisés.

C'est ce qu'avait très bien aperçu le génie d'Aristote.

Au livre II de son *Traité de l'âme* (1), il oppose d'abord les corps de la *nature* aux composés artificiels faits de main d'homme, et il se demande alors ce qui, dans les corps de la nature, fait que les uns sont capables de vivre tandis que les autres ne le sont point. Ce qui fait qu'un corps de la nature est capable de vivre, répond-il, c'est qu'il est *organisé*.

Et qu'est-ce que l'organisation?

L'organisation d'une substance consiste en ce qu'elle possède des parties dissemblables douées chacune d'une fonction spéciale et concourant toutes ensemble à une même unité d'être et d'action. Telle est la plante, le plus simple des organismes, avec ses feuilles, son écorce, ses racines ; tel, à plus forte raison, l'animal ou l'organisme humain.

Aussi, conclut le Stagyrite, dire qu'un corps est animé ou capable de vivre, c'est dire qu'il est organisé : ce sont deux formules équivalentes.

(1) *Traité de l'âme*, liv. II, ch. I. Cfr S. Thomas, *Comm. in h. l.* Lect. 1ª.

Et si intime est l'union du premier principe de vie ou de l'âme avec l'organisme qu'il informe, qu'on peut les assimiler à un morceau de cire et à la figure que nos doigts lui impriment.

Kant n'a fait que reprendre la même idée lorsqu'il a dit : « Dans un organisme, les parties sont pour le tout et le tout est pour les parties. »

Voilà donc *une première définition de la vie* ou, plus exactement, de l'être vivant : *L'être vivant,* tel qu'il se révèle à nos sens dans le monde corporel, *c'est la substance qui réalise les conditions d'organisation.*

C'est la vie considérée morphologiquement ou, si l'on veut, à l'état statique.

Considérons-la maintenant à l'état dynamique, ou physiologiquement; en d'autres mots, examinons de plus près le mouvement vital des êtres organisés.

Le lecteur aura remarqué, il est superflu que nous attirions son attention sur ce sujet, que, dans toute l'étude qui précède, le mouvement est pris dans une acception très large, plus large que celle qui lui est assez communément attachée dans les sciences physiques ou mécaniques. Pour nous, le mouvement désigne d'une façon globale tous les changements qui se passent dans le fonctionnement de la vie des êtres organisés. C'est l'application au règne organique de la conception philosophique d'Aristote sur laquelle nous reviendrons *ex professo* plus loin.

Quel est donc le mouvement vital ainsi entendu, c'est-à-dire, *quels en sont les caractères distinctifs,* et comment ceux-ci s'opposent-ils aux caractères de l'activité mécanique, physique ou chimique des êtres inorganisés?

Tel est l'intéressant problème qu'il nous reste à élucider.

Nous dirons en premier lieu *quel n'est pas* ce mouvement, nous dirons ensuite positivement *quel il est.*

Contrairement à une idée assez communément répandue

chez les philosophes spiritualistes et qui est suggérée par les observations hâtives du sens commun, le mouvement vital n'est *pas spontané*, dans ce sens qu'il aurait sa cause adéquate dans l'être vivant lui-même ; il est dépendant des influences extérieures, il est toujours *provoqué*. L'activité vitale n'est pas un commencement absolu ou une création, mais une transformation, déterminée par une excitation initiale du dehors.

En d'autres mots, le mouvement vital est soumis aux lois générales du déterminisme, et Claude Bernard a eu grandement raison d'insister sur l'application des méthodes expérimentales à l'étude des phénomènes de la vie.

Cette dernière affirmation a besoin d'être brièvement expliquée et justifiée.

Les deux grandes lois qui régissent le monde matériel, ce sont les lois de la conservation de la matière et de la conservation de l'énergie.

Rien ne se perd, rien ne se crée, disait Lavoisier ; c'est la formule de la première loi, ou même, si l'on veut, des deux lois réunies.

L'homme *emploie* la matière, il n'a le pouvoir ni d'en créer, ni d'en annihiler une parcelle.

Il *emploie* l'énergie sous une forme pour la reproduire sous une autre ; il emploie de la chaleur pour produire des effets mécaniques, ou inversement de l'énergie mécanique pour produire de la chaleur ; mais une forme quelconque d'énergie ne se produit jamais qu'aux dépens d'une autre et exactement en proportion avec elle, de sorte que l'homme ne crée et n'anéantit pas plus l'énergie qu'il ne crée ni n'anéantit la matière (1).

(1) Nous croyons faire plaisir au lecteur en lui mettant sous les yeux un extrait remarquablement clair d'un ouvrage qui vient de paraître, où les notions auxquelles nous faisons allusion dans le texte sont très fidèlement présentées. Il s'agit d'un ouvrage de MM. Henri Gautier et Georges Charpy, intitulé : *Leçons de chimie à l'usage des élèves de mathématiques spéciales*, Paris, Gauthier-Villars, 1892. Voici l'extrait :

« Une portion de matière pondérable est caractérisée par sa *masse*. On dit

Or, disons-nous, les principes de la conservation de la masse et de la conservation de l'énergie semblent s'appliquer aux organismes aussi bien qu'aux corps inorganisés.

« Sans doute, observe Claude Bernard, la nature vivante emploie les procédés spéciaux des éléments histologiques (cellules ou fibres organisées) qui n'appartiennent qu'aux êtres vivants, mais les phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans les corps vivants ne sont pas eux-mêmes d'une autre nature que ceux qui s'accomplissent en dehors de l'organisme dans le règne minéral. Le chimiste peut imiter et *refaire* dans son laboratoire, en mettant en jeu les forces chimiques minérales, qui sont au fond exactement les mêmes que les forces chimiques organisées, une foule de synthèses, de décompositions et de dédoublements

que deux corps ont la même masse lorsque, placés à la même distance d'un même corps, ils produisent sur celui-ci la même attraction. Pour comparer les masses de deux corps, on considère l'attraction produite sur eux par la Terre; l'emploi de la balance permet de vérifier l'égalité de deux masses et, par suite, de mesurer la masse d'un corps quelconque (*).

„ *Principe de la conservation de la masse.*— Si l'on considère un système de corps complètement isolé, quelles que soient les transformations qui se produisent à l'intérieur du système, la masse totale reste rigoureusement invariable.

„ Suivant la façon dont nos sens sont impressionnés par une portion de matière, on dit que l'énergie se manifeste sous une forme ou une autre. C'est ainsi que l'on considère l'énergie mécanique, l'énergie calorifique...

„ Pour déplacer d'une certaine longueur une masse déterminée, placée dans des conditions données, il faudra mettre en jeu une certaine quantité d'énergie mécanique; pour déplacer une masse double, de la même longueur dans les mêmes conditions, il faudra une quantité double d'énergie mécanique. De même, pour produire un effet déterminé (une variation de température, par exemple) sur une certaine masse d'un corps, il faudra une certaine quantité d'énergie calorifique; pour produire le même effet sur une masse double du même corps, il faudra une quantité double d'énergie calorifique. On conçoit donc qu'il est possible de mesurer l'énergie sous ses différentes formes et de l'exprimer en fonction des unités fondamentales, longueur, masse, temps.

„ Les différentes formes de l'énergie peuvent se transformer les unes dans les autres; la chaleur peut servir à produire des effets mécaniques ou élec-

(*) L'unité de masse est le gramme, masse d'un centimètre cube d'eau pure à la température de 4°. Si un corps fait équilibre, dans la balance, à 2, 3, 4 centimètres cubes d'eau, on dira qu'il a une masse de 2, 3, 4 grammes.

semblables à ceux qui ont lieu dans les organismes animaux et végétaux » (1).

Il n'y a donc aucune raison plausible de soustraire les *substances* protoplasmiques à la loi générale de la conservation de la matière.

Leur *activité* ne paraît pas davantage soustraite à la loi de la conservation de l'énergie.

D'abord les manifestations mécaniques et physiques des corps vivants sont les mêmes que celles des corps bruts.

Le muscle produit des mouvements qui ne pourraient, pas plus que ceux des machines inanimées, échapper aux lois de la mécanique.

triques, l'électricité à produire des effets calorifiques ou mécaniques et inversement. En étudiant ces transformations, on constate qu'il y a un rapport constant entre les quantités des différentes formes d'énergie qui se transforment les unes dans les autres. On peut dire, par suite, qu'une certaine quantité d'énergie mécanique équivaut à une quantité d'énergie calorifique (*). Il est donc possible de considérer l'énergie d'une façon absolue, indépendamment de la forme sous laquelle elle se présente, tant qu'on ne l'exprime pas numériquement.

„ *Énergie actuelle. Énergie potentielle.* — Considérons un corps en mouvement, un boulet de canon par exemple. Ce corps possède une certaine énergie par suite de son état de mouvement; s'il rencontre une plaque de blindage, il déterminera des effets mécaniques (rupture ou déformation) et des effets calorifiques (élévation de température), et ces effets seront d'autant plus considérables que le mouvement était plus rapide. Cette énergie, inhérente à l'état de mouvement, se nomme *force vive, énergie actuelle,* ou encore *énergie cinétique.*

„ Considérons maintenant un corps pesant reposant sur un appui. Ce corps ne possède aucune énergie actuelle ; cependant, si l'on supprime l'appui sur lequel il repose, il se mettra en mouvement sous l'influence de la pesanteur et pourra fournir du travail. Cette énergie, qui se trouve à l'état latent, pour ainsi dire, et qui est égale au travail que peut fournir le corps, se nomme *énergie de position* ou *énergie potentielle.*

(*) " Quand la production d'une chose est étroitement en rapport avec la disparition d'une autre, de telle sorte que la quantité de la première chose dépend de la quantité de celle qui a disparu et peut se calculer sur cette base, nous concluons que l'une a été fournie aux dépens de l'autre, et qu'elles sont toutes deux des formes différentes d'une même chose. „ Maxwell, *La Chaleur*, traduction française.

(1) *La Science expérimentale*, Paris, 1878, pp. 114 et suiv.

La chaleur produite par les êtres vivants ne diffère en rien de la chaleur engendrée dans les phénomènes minéraux ; l'électricité développée par les poissons électriques est comparable à celle d'une pile.

L'apparition de ces diverses manifestations mécaniques, physiques ou chimiques des substances vivantes se montre dépendante, tout comme chez les êtres qui ne vivent pas, du milieu extérieur, et l'intensité de ces manifestations croît ou diminue, dans une certaine mesure, chez les premières comme chez les seconds, parallèlement à l'intensité de l'excitant.

Il y a une catégorie d'expériences qui méritent particulièrement de fixer un moment notre attention : ce sont celles qui ont été effectuées par Hirn en vue de vérifier

„ La distinction de l'énergie en énergie actuelle et énergie potentielle se retrouve sous différentes formes : un corps qui se déplace, un corps chaud qui se refroidit, un courant électrique qui passe dans un fil, un système de corps qui se combinent chimiquement, possèdent une certaine énergie actuelle. Un corps pesant en repos, un corps chaud, un corps isolé et électrisé, un mélange gazeux susceptible de donner une combinaison au contact d'une flamme, un explosif, représentent des quantités déterminées d'énergie potentielle.

„ Quand on permet à un corps en repos de se mettre en mouvement, son énergie potentielle se transforme en énergie actuelle. Par exemple, pour un corps pesant qui tombe, l'énergie potentielle diminue à mesure que le corps se rapproche du centre de la Terre. Mais, en même temps, l'énergie actuelle augmente, et la somme de ces deux quantités reste constante. C'est là le principe de la conservation de l'énergie, énoncé par Helmholz et qui s'applique à toutes les formes de l'énergie avec la même rigueur.

„ *Principe de la conservation de l'énergie.* — Si l'on considère un système de corps complètement isolé, la somme de l'énergie actuelle et de l'énergie potentielle est constante, quelles que soient les transformations subies par le système (*).

„ En résumé, tous les faits d'expérience connus jusqu'ici conduisent à énoncer les deux principes de la conservation de la masse et de la conservation de l'énergie, qui ne sont que des développements de l'axiome posé par Lavoisier : *Rien ne se perd, rien ne se crée.* „

(*) Ce principe, comme celui de la conservation de la masse, doit être considéré comme vérifié expérimentalement dans ses conséquences. On peut le démontrer *à priori*, à condition de faire l'hypothèse que l'action réciproque de deux particules de matière est toujours dirigée suivant la droite qui les joint.

l'applicabilité de la théorie mécanique de la chaleur aux moteurs animés.

Voici en quoi elles consistent.

On peut arriver à savoir quelle est la quantité d'oxygène qu'un homme ou un animal absorbe par la respiration pendant un temps donné, et mesurer la quantité de chaleur que cet oxygène dégage en se combinant avec les matériaux combustibles, l'hydrogène et le carbone, que les aliments fournissent à l'organisme (1).

Il résultait déjà des expériences de Lavoisier, Laplace, Dulong, Regnault et Hirn à cet égard, que chaque gramme d'oxygène consommé produit à très peu près cinq calories, donc cinq fois ce qu'il faut de chaleur pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau à zéro.

Cela étant, les expériences de Hirn consistent à comparer l'homme au repos à l'homme en mouvement et à voir quelle est dans le second cas l'augmentation ou la déperdition de chaleur.

Or l'expérience démontre que, selon que l'homme en mouvement produit un travail externe positif ou négatif, ou des travaux alternativement positifs et négatifs qui se compensent dans l'ensemble, la chaleur vitale de l'organisme diminue ou augmente proportionnellement, ou enfin demeure stationnaire.

Pour le démontrer, Hirn enfermait donc la personne en expérience dans un calorimètre, mesurait l'air

(1) On enferme à cet effet un animal dans un calorimètre ; on connaît la quantité déterminée d'air qui lui est fournie et la quantité proportionnelle d'oxygène que cet air renferme. On mesure et on analyse l'air qui sort de l'appareil.

La quantité d'acide carbonique contenue dans l'air expiré permet d'induire quelle est la quantité de carbone qui a été brûlée.

La différence entre la quantité d'oxygène qui a servi à comburer le carbone et la quantité d'oxygène absorbée par la respiration (coefficient respiratoire) marque la quantité d'oxygène qui s'est combinée avec l'hydrogène et permet par conséquent de calculer la quantité d'hydrogène brûlée.

On n'a plus alors qu'à faire la somme des calories dégagées respectivement par les deux combustions du carbone et de l'hydrogène, pour avoir la quantité totale de chaleur disponible dans l'organisme.

inspiré et expiré, évaluait, comme nous le disions tout à l'heure, l'oxygène introduit et la quantité d'acide carbonique éliminé, et faisait gravir ou descendre à la personne les échelons d'une roue tournante et fuyant sous ses pieds.

Il est inutile de décrire tous les détails de l'expérience et de la méthode d'expérimentation.

Mais il n'est peut-être pas superflu, pour prévenir toute confusion, de dire un mot de la nature du travail dont un moteur vivant, l'homme, par exemple, est capable.

Lorsque nous montons un escalier, lorsque nous gravissons une montagne, les muscles actifs, en se contractant, redressent les jambes alternativement ployées à chaque pas, et élèvent ainsi successivement le centre de gravité du corps, en surmontant la résistance qu'oppose le poids de celui-ci. Il y a ici une dépense évidente d'action, dont le résultat définitif est d'élever à une certaine hauteur le poids de notre corps, c'est-à-dire de produire un travail externe positif. Lorsqu'au contraire nous descendons un escalier ou une montagne, les muscles actifs, d'abord contractés, s'allongent à chaque pas sous l'effort de notre poids corporel et laissent alternativement fléchir les jambes. Le résultat définitif ici, c'est qu'un certain poids descend d'une certaine hauteur, en surmontant la résistance musculaire ; il y a, en un mot, dépense, consommation de travail externe, et il doit y avoir, par conséquent, bénéfice de force vive dans notre corps.

Lorsque nous marchons sur un plan horizontal, le centre de gravité du corps s'élève et s'abaisse alternativement de hauteurs égales, il y a donc production et consommation alternatives de travail externe, et il doit y avoir une dépense et une production alternatives de force motrice qui se balancent et donnent zéro pour résultat final.

Pour le public, les trois modes de locomotion dont je viens de parler constituent un travail. On voit combien le physicien juge différemment : pour lui, la marche

ascensionnelle est seule un travail externe réel; la marche descendante est au contraire un bénéfice de travail pour notre corps; la marche horizontale ne constitue nul travail définitif. A ses yeux, la marche ascensionnelle doit coûter du calorique à l'organisme; la marche descendante doit y en produire; la marche horizontale ne doit modifier en rien la quantité de calorique que représente la respiration.

Or donc, les expériences de Hirn aboutissent à cette conclusion que, dès que la personne soumise à l'expérience fournit un travail externe positif, on trouve moins de cinq calories par gramme d'oxygène absorbé; dès qu'elle donne un travail négatif, on trouve plus de cinq calories par gramme d'oxygène consommé, et le plus ou moins de chaleur totale est toujours en proportionnalité avec la valeur totale du travail fourni ou consommé.

Précisons.

Supposons qu'un homme du poids de 75 kil. s'élève de quatre cents mètres par heure. Supposons que, pendant cette marche ascensionnelle, il consomme par la respiration cent grammes d'oxygène par heure. S'il était en repos, ces cent grammes produiraient cent fois cinq unités de chaleur, soit cinq cents calories; mais la mesure directe de la chaleur ne donne que quatre cent trente calories; il en manque donc soixante-dix : c'est ce qu'a coûté le travail de trente mille kilogrammètres *produit*.

Supposons que cet homme descende, au contraire, de quatre cents mètres par heure, et absorbe toujours cent grammes d'oxygène : au lieu de cinq cents calories, on en trouvera cette fois cinq cent soixante-dix : c'est ce qu'a *produit* le travail de trente mille kilogrammètres *non dépensé* mais réellement *recueilli* par son organisme.

Il y a donc une relation d'équivalence entre la production de travail et la diminution du calorique, entre l'augmentation du calorique et l'emmagasinement du travail; ce qui prouve que le moteur vivant et l'homme en

particulier sont soumis à la loi de l'équivalence de la chaleur et du travail, et plus généralement à la loi de la conservation de l'énergie dont les lois de la thermodynamique ne sont que des cas particuliers (1).

Ainsi donc, les phénomènes mécaniques, physiques et chimiques qui se passent chez les êtres vivants, ou, en un mot, le mouvement vital, n'est pas spontané mais provoqué; il est soumis, comme tout autre mouvement de l'univers matériel, aux lois générales de la conservation de la matière et de l'énergie.

Il n'était pas sans importance d'appuyer sur cette uniformité générale des lois de la nature, aussi bien dans le règne végétal que dans le monde inférieur de la nature brute.

Chose triste à dire, en effet, la plupart des hommes de science qui ne partagent pas nos convictions spiritualistes nous prêtent toujours et quand même des théories que nous sommes d'accord à répudier avec eux et que nos maîtres ont répudiées des siècles avant eux. Ils nous montrent la chimie, la physique et la mécanique étendant progressivement leur empire sur le règne de la vie, et puis ils se retournent vers nous en nous disant : Vous voyez bien qu'il n'y a que de la matière et des forces matérielles dans les êtres vivants! Et comme si, entre la vie et la sensibilité, la sensibilité et l'intelligence, l'intelligence et le surnaturel, sinon même le miraculeux, il n'y avait que des nuances insaisissables et en tous cas légèrement graduées, ils s'imaginent triompher du spiritualisme pour avoir montré que les fonctions de la vie végétative sont susceptibles d'une explication naturelle par les forces mécaniques ou physico-chimiques.

Si nous avions à l'égard de leurs doctrines les préjugés que les adeptes du positivisme nourrissent à l'endroit de la philosophie spiritualiste, ils n'auraient pas assez de tout leur mépris pour nous accabler.

(1) Hirn. *Analyse élémentaire de l'univers*, deuxième esquisse. Paris Gauthier-Villars, 1868.

Leur excuse, c'est que pas mal de philosophes de l'école cartésienne et certains physiologistes, disciples de Bichat ou de l'École de Montpellier, se sont plu longtemps et se plaisent encore parfois à doter le végétal de forces simples et immatérielles distinctes des forces végétales de la nature, sinon même en opposition avec elles.

Mais ce sont là des opinions subjectives qu'il est injuste de confondre avec la philosophie spiritualiste.

Pour nous, disciples de saint Thomas d'Aquin, nous ne voyons dans la vie végétative que des forces mécaniques et physico-chimiques ; et si l'être qui vit est supérieur à celui qui ne vit pas, ce n'est pas à raison d'une irréductibilité fictive de ses forces aux forces communes de la matière, mais à raison du mode spécial suivant lequel ces forces se déploient pour réaliser le but intrinsèque de la nature vivante, le bien-être de l'individu et la conservation de son espèce.

Le mouvement vital n'est donc *pas spontané* au sens propre du mot, il n'est spontané qu'en apparence, en réalité il est *provoqué*.

Mais s'il n'est pas spontané, quels sont donc les caractères qui le distinguent des phénomènes qui se passent dans les corps bruts ?

Le mouvement vital est *de sa nature continu* et il est *immanent*. Expliquons-nous.

Le mouvement vital, disons-nous, est *de sa nature continu*.

La matière *inanimée* a une tendance naturelle à *l'équilibre le plus stable*.

La matière *animée* au contraire a une tendance naturelle à réaliser un équilibre dynamique *instable*.

Suivons sur le terrain de la chimie, de la physique et de la minéralogie quelques-unes des manifestations les plus frappantes de *l'activité de la matière inorganisée*.

Prenons un exemple.

Le chlore se combine avec les métaux, par exemple,

le potassium, le magnésium, l'aluminium, le fer, l'argent et l'or. Mais il s'en faut que ces combinaisons se fassent toutes avec la même intensité.

Si l'on rapporte à une *même quantité de chlore* le calorique dégagé lors de la formation de ces différents sels, on obtient les quantités suivantes de calorique :

KCl	=	105	calories
$MgCl_2$	=	75,5	»
Al_2Cl_6	=	53,6	»
Fe_2Cl_4	=	41	»
$AgCl$	=	29,4	»
$AuCl_3$	=	5,8	»

On voit quelle différence il y a entre les quantités de chaleur dégagées par ces diverses combinaisons ; aussi les trois premières, qui donnent lieu à un grand dégagement de chaleur, se font-elles avec incandescence, les autres point.

Or la chaleur, on le sait, est antagoniste de l'union ou de la cohésion des éléments.

Donc les combinaisons les plus intenses, c'est-à-dire celles dont les constituants s'unissent en *dégageant* le plus de chaleur, doivent donner lieu aux composés les plus stables.

Et de fait, tandis que la combinaison du chlore avec l'or peut être rompue par les métaux qui entrent dans les cinq autres combinaisons, le chlorure de potassium ne peut plus être décomposé par aucun des corps qui sont unis au chlore dans les cinq combinaisons suivantes.

Cet exemple n'est que l'expression concrète d'une loi générale de la nature, à savoir que le résultat d'une combinaison est d'autant plus stable que les corps qui l'ont produite se sont associés avec un plus grand dégagement de chaleur. C'est une conséquence du principe du travail maximum dont on connait la formule : Lorsque des

systèmes moléculaires hétérogènes sont présentés les uns aux autres, dans les conditions voulues, les corps s'associent de façon à former les combinaisons qui dégagent le maximum de chaleur.

Mais plus les corps associés dégagent de chaleur, plus ils perdent d'énergie ou d'aptitude à des réactions nouvelles, plus par conséquent leurs composés sont doués de stabilité.

Le principe du travail maximum conduit donc à ce résultat que les combinaisons que la nature tend le plus à réaliser sont tout juste celles dont les produits ont le plus de stabilité.

La même loi trouve en chimie une seconde application; c'est dans les corps susceptibles de revêtir deux états différents, phénomène que l'on appelle du nom d'allotropie. Le soufre, par exemple, se présente sous deux formes différentes; sous l'une il est mou, sous l'autre il est dur et cassant; les chimistes estiment que c'est le même corps dans les deux états.

Or il arrive fréquemment qu'un corps de cette nature, — c'est le cas pour le soufre — passe d'une forme à l'autre; mais, chose remarquable, il suffit que le corps soit laissé à lui-même pour passer de la forme moins stable à la forme plus stable, avec dégagement de chaleur; ce n'est que sous l'influence de causes extérieures qu'il peut remonter inversement de cette forme plus stable à une forme d'équilibre moins stable.

Ainsi, dans l'exemple donné, le soufre dur porté à une température de 100° se liquéfie; si on le porte à 200° environ et qu'on le verse dans l'eau froide, il devient mou comme du caoutchouc; mais si alors on l'abandonne à lui-même, il redevient dur.

Donc, ici aussi, la nature inorganique tend à la stabilité.

Il en va de même en physique.

La plupart des corps passent en réalité par trois états, solide, liquide et gazeux, selon les circonstances exté-

rieures dans lesquelles ils se trouvent placés ; il est vraisemblable au surplus que tous peuvent passer par ces trois états différents.

Mais on constate que chaque corps a un état physique propre qu'il possède à la pression et à la température ordinaires ; c'est son état stable, il ne s'en éloigne que sous des influences extérieures, et il tend à le reprendre aussitôt que ces influences viennent à cesser. Montrons-le sur un exemple.

Le soufre se liquéfie à la température de 113°, se vaporise à la température de 448° ; mais, dans les conditions ordinaires de température et de pression, le soufre ne passera jamais à l'état de fusion ni à l'état de vapeur ; il faut, en quelque sorte, lui faire violence pour l'y amener, c'est-à-dire qu'il faut vaincre une résistance que le corps oppose à un changement d'état, et la chaleur qui doit lui être fournie pour cela donne la mesure de sa résistance. Aussitôt que cette influence de la chaleur extérieure cesse, le soufre revient à l'état liquide et à l'état solide.

Donc, encore une fois, en physique aussi bien qu'en chimie, la loi naturelle des corps inorganisés, c'est la stabilité d'équilibre.

Les corps, à l'état solide, sont tantôt amorphes, tantôt en forme de cristaux.

Le cristal est plus dense que la même substance à l'état amorphe, son poids est plus élevé, il a plus de cohésion.

Or lorsqu'un corps en état de solution ou de fusion est laissé à lui-même, à l'abri des influences perturbatrices du dehors, il prend naturellement la forme cristalline. Dans une solution de sucre qui se dépose lentement, le dépôt prend la forme cristalline.

De même donc que les combinaisons des corps sont régies en chimie par la loi du travail maximum, la disposition des corps dans l'espace est régie, si l'on peut ainsi dire, par la loi de l'espace minimum.

Ce ne sont là du reste que deux applications particulières (1) d'un principe plus général de mécanique qui dit que, dans un système de points matériels, la stabilité d'équilibre est en raison inverse des forces extérieures qui agissent sur le système.

Faut-il concevoir cette tendance de la nature matérielle dans le monde inorganisé comme une tendance effective des corps à sortir d'un état relativement instable pour entrer dans un état plus stable?

Non pas. Mais on admet unanimement que l'*inertie* est une propriété fondamentale de la matière. Un corps est incapable, de lui-même, soit de passer du repos au mouvement, soit de changer la vitesse ou la direction de son mouvement. Il possède naturellement une certaine quantité de matière, une certaine quantité d'énergie d'une forme fondamentale déterminée, et ce serait cette quantité d'énergie qu'il tendrait naturellement à conserver : cela voudrait dire qu'il pourrait bien, sous des influences extérieures, être contrarié dans sa tendance foncière, mais qu'il lutterait alors pour la conserver.

Nous avons étudié la tendance à la stabilité des corps bruts envisagés dans leurs combinaisons chimiques, leur état physique et leur structure. La même loi s'applique à ces mêmes corps envisagés *dans leur ensemble*.

Nous avons eu l'occasion ci-dessus de parler de la loi générale de la constance de l'énergie.

Mais à côté de cette loi, il y en a une autre qui porte le nom de *principe de Carnot:* c'est que si les différentes formes d'énergie se substituent l'une à l'autre dans la nature suivant une loi d'équivalence, cependant une forme quelconque d'énergie ne peut pas indifféremment régénérer toutes les autres. On peut bien transformer totalement en chaleur notre énergie mécanique, mais il n'est qu'en partie possible de transformer de nouveau cette

(1) Voir, sur ces différentes applications, Dressel, *Der belebte und der unbelebte Stoff*, § 7-12, Freiburg in Breisgau, Herder, 1883.

énergie calorifique en travail (1). Il se perd donc constamment du travail, c'est-à-dire que le travail possible, utilisable pour des transformations ultérieures, diminue constamment, de sorte que l'univers matériel, envisagé à un point de vue mécanique, tend vers un état de stabilité de plus en plus réfractaire aux échanges d'action et de réaction des forces de la nature.

La première partie de notre proposition semble donc suffisamment démontrée : La nature inanimée tend à l'équilibre le plus stable.

La nature animée a une tendance opposée, nous allons le faire voir.

L'être vivant tend, de sa nature, à se mouvoir continuellement. Nous ne reviendrons plus sur la description des mouvements atomiques, des mouvements moléculaires et des mouvements de masse que nous avons observés ci-dessus dans la vie des êtres organisés.

Ce qui frappe dans cette série de changements que l'on résume sous le nom générique de mouvement vital, c'est que chacun des termes de la série prépare un terme suivant ; chaque changement est un acheminement vers un changement ultérieur : la contractilité du protoplasme appelle le mouvement de nutrition, la nutrition entretient le pouvoir contractile, prépare la croissance de l'individu, son évolution et celle de l'espèce ; chaque type de l'espèce recommence la série des fonctions de nutrition, de croissance et de reproduction du type parent, et ainsi se perpétuent indéfiniment les changements qui forment le cycle du mouvement vital.

Il n'y a du reste qu'une voix parmi les biologistes pour dire que l'instabilité du protoplasme est un trait caractéristique de la vie.

Et qu'elle est frappante, cette instabilité ! On concevrait

(1) Ainsi l'unité de travail ou le kilogrammètre peut, lorsqu'on le consomme, donner 1/425 de calorie, tandis que 1 425 de calorie ne peut plus reproduire un kilogrammètre. Une partie en restera à l'état d'énergie calorifique.

que la cellule fût en mouvement jusqu'à sa maturité complète ; mais la cellule adulte se meut, assimile et désassimile aussi bien que la cellule jeune.

Et pourquoi la cellule assimile-t-elle ? Serait-ce qu'elle a des affinités chimiques à satisfaire ? Mais ces affinités ne sont pas plus tôt satisfaites que la combinaison nouvelle se défait, et dès qu'elle est défaite, ses éléments tendent à la reconstituer.

On dira peut-être : Mais c'est fort simple. Le protoplasme est formé de composés endothermiques, polymères, azotés ; il y a dans la nature de ces composés la raison suffisante de leur instabilité.

Sans aucun doute, il y a là une raison suffisante *immédiate* de l'instabilité du protoplasme, nous l'avons affirmé nous-même ci-dessus ; mais il faut à cette explication première une cause plus profonde.

Les combinaisons endothermiques, ainsi que certains composés polymères de nos laboratoires, sont instables aussi, mais leur instabilité n'a pas d'autre effet que de régénérer promptement les éléments. Pourquoi, dans le règne de la vie, ces éléments reforment-ils les composés d'où ils sont issus ? Comment se fait-il que la cellule réunisse et conserve dans son sein toutes ces substances hétérogènes, si complexes, si mobiles, qui permettent sans relâche les synthèses d'assimilation et les analyses de désassimilation de la matière protoplasmique et des tissus organisés ? C'est là le problème fondamental ; c'est là la preuve d'une tendance primordiale chez l'être vivant à se mouvoir d'un mouvement continu. Il est loisible à l'imagination de rêver qu'un jour peut-être des substances chimiques douées de forces chimiques pourraient, sous la direction habile d'un expérimentateur intelligent, former un composé analogue au protoplasme ; mais entre ce protoplasme artificiel, voué à brève échéance à la stabilité de ses éléments, et le protoplasme des êtres organisés, il y aurait tout juste la distance qu'il y a entre la mort et la vie.

Suit-il de ce que nous venons de dire que le mouvement soit *essentiel* à l'être vivant? L'être vivant n'est-il jamais dépourvu de mouvement *actuel?* Est-il même impossible qu'il le soit?

A priori, il ne semble pas impossible qu'un être vivant soit momentanément dépourvu de mouvement *actuel,* et il semble que la *tendance naturelle* de l'être à accomplir les mouvements vitaux suffise à justifier l'appellation d'être vivant.

On a parfois même considéré la *vie latente* des bulbes, des graines, des animaux hibernants comme une suspension complète, momentanée, des fonctions vitales.

Cependant l'observation et l'expérience tendent à prouver que la vie latente n'est qu'une vie *ralentie.*

Les perfectionnements apportés au microscope ont révélé, en effet, dans certaines cellules et certains tissus, bien des mouvements réels, notamment des mouvements de granulations au sein du protoplasme, qui jadis étaient insoupçonnés.

Diverses expériences ont été faites sur des graines, sur des tubercules et des bulbes; on a mis, par exemple, un lot de graines à l'air libre, un autre lot dans un air confiné, un troisième dans l'acide carbonique pur. Après un certain temps, après deux ans, par exemple, on constate que les graines à l'air libre ont augmenté notablement de poids, celles renfermées dans l'air confiné très peu, les dernières, renfermées dans l'acide carbonique, pas du tout. On constate des changements correspondants dans la composition de l'air. Les graines des deux premiers lots ont germé plus tard respectivement dans la proportion de 90 p. c. et 45 p. c.; celles du troisième lot n'ont plus germé du tout.

Donc l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique se poursuivaient pendant la vie latente, et lorsque l'absorption d'oxygène est impossible, comme c'était le cas pour les graines placées dans l'acide carbonique pur, l'embryon est voué à la stérilité et à la mort.

« Pendant les périodes de repos, écrit M. Van Tieghem (1), la vie latente de la plante, et notamment celle des tubercules et des bulbes, n'est qu'une vie ralentie. Il y a, en effet, transpiration continue, plus forte si l'air est sec, plus faible s'il est saturé; un bulbe de tulipe, par exemple, perd de la sorte en deux mois 1/6 de son poids dans l'air sec, 1/45 dans l'air saturé. Il y a aussi absorption continue d'oxygène et dégagement continu d'acide carbonique; l'intensité de cet échange gazeux varie beaucoup avec la nature des plantes; il est plus faible dans le dahlia que dans l'ullucus, plus faible dans la pomme de terre que dans le dahlia. En vase clos, une fois tout l'oxygène absorbé, le dégagement d'acide carbonique continue, et si l'organe renferme du glucose, ce sucre est décomposé en alcool et acide carbonique (*Tulipa*, *Oxalis*, etc.), comme toujours lorsqu'un tissu vivant est asphyxié. Au bout d'un certain temps, cette asphyxie amène la mort du tubercule. En résumé, les choses se passent ici comme on l'a vu plus haut pour les graines, mais avec un ralentissement moindre. »

Il y a donc, chez les êtres vivants, une activité sans relâche, un mouvement actuel continu.

A vrai dire cependant, ce n'est pas là le trait caractéristique du règne de la vie. Si remarquable que soit cette instabilité d'équilibre que nous avons rencontrée chez les êtres vivants, il ne serait pas exact de penser qu'elle est sans analogues dans le monde inanimé.

Sous l'action de la chaleur solaire, l'eau de l'océan s'élève en vapeur dans l'atmosphère, là elle se condense à nouveau, puis retombe en pluie sur la surface du globe, et la pluie enfin reforme les fleuves et les océans. Il y a là

(1) *Traité de botanique*, p. 913. — « Je ne crois pas, écrit de même M. Nobbe, professeur à Thorand, qu'un grain de froment puisse vivre plus de dix ans sans perdre sa force germinative; je n'ajoute pas foi à cette prétendue germination de graines trouvées dans les pyramides d'Égypte. »

une sorte de circulation continue de matière et de force qui simule au moins le mouvement de la vie.

La terre et les planètes se meuvent sans cesse autour du soleil, et le soleil lui-même avec son cortège planétaire est emporté sans relâche dans une certaine direction de l'espace. Encore une fois, il y a là, on ne peut le nier, une sorte de mouvement continu.

Où gît donc la différence *caractéristique* entre le mouvement, même continu, de la matière brute et le mouvement de la vie?

C'est que le premier est *transitif* tandis que le second est *immanent*.

Qu'est-ce à dire?

Actio est in passo, disaient les scolastiques, toute action se passe dans le patient, c'est celui-ci qui en est le siège. Absolument parlant, on concevrait qu'une activité se produisît sans modifier l'agent qui en est l'auteur. Si, de fait, toute action entraîne une modification de l'agent aussi bien que du patient, c'est que, en vertu de la loi générale de l'action et de la réaction qui gouverne l'activité des êtres corporels, l'agent ne modifie point le patient sans que celui-ci, à son tour, *réagisse* et, par sa réaction, modifie le sujet d'où était partie la première action. Mais, en somme, dans les deux cas, dans l'action et dans la réaction, c'est le sujet récepteur qui est modifié.

L'action de l'agent sur le patient est généralement une action que nous appelons, avec la philosophie de l'École, du nom de « transitive », ce qui veut dire qu'elle a pour résultat de modifier un patient distinct de l'agent, qu'elle a un *terme autre* que le principe d'efficience qui la produit; nous dirions aujourd'hui, d'une façon peut-être moins rigoureuse, que c'est une action *communiquée* à un sujet étranger. Les actions mécaniques, les manifestations lumineuses, calorifiques, électriques, magnétiques, les réactions chimiques du monde inorganisé sont toutes de ce genre.

L'activité vitale, au contraire, n'est pas transitive, elle

est *immanente*. Le patient ici, c'est tôt ou tard l'agent lui-même ; c'est au sujet organisé, en effet, que le processus vital vient aboutir, c'est lui qu'il nourrit, c'est lui qu'il développe, c'est donc à lui que finalement il s'arrête, en lui qu'il demeure, en d'autres mots, il est *immanent* (manere in) (1).

Un exemple éclaircira cette distinction.

Prenons une combinaison chimique entre corps inorganisés, le chlore et le sodium, par exemple, qui nous donne le chlorure de sodium. Lorsque la nature réalise cette combinaison ou que nous l'effectuons dans nos laboratoires, nous voyons deux corps agir l'un sur l'autre pour en produire un *autre* qu'eux-mêmes, un troisième, le chlorure de sodium, qui n'est ni le chlore ni le sodium, ni une simple addition des deux ; de même, lorsque le composé régénère les composants, ceux-ci sont *autres* que le composé soumis à l'analyse.

Mais lorsque la cellule se nourrit, le phénomène est tout différent. Les matériaux qui servent d'aliment à la cellule, soit qu'ils viennent directement du milieu extérieur, soit qu'ils viennent de la sève ou du sang en circulation dans l'organisme, ne forment pas avec la cellule un troisième produit distinct de la cellule elle-même et des matériaux empruntés : le résultat définitif n'est autre que *la cellule* elle-même, et c'est à *se* nourrir, à *se* développer, à *se* multiplier, que la cellule les a employés. Lorsque la cellule se nourrit, c'est donc elle qui est le terme de l'action nutritive et, par conséquent, la nutrition est une activité *immanente*, au sens défini tout à l'heure.

Que l'on nous entende bien cependant. Nous ne voulons pas dire que tous les phénomènes mécaniques ou physico-chimiques dont la cellule est le siège soient immanents ; il est manifeste, au contraire, que bon nombre de ces

(1) " Duplex est actio. Una quæ transit in exteriorem materiam ; ut calefacere et secare. Alia quæ manet in agente ; ut intelligere, sentire et velle. Quarum hæc est differentia : quia prima actio non est perfectio agentis quod movet, sed ipsius moti ; secunda autem actio est perfectio agentis ". *Summa theol.*, I, q. 18, a. 3, ad 1.

phénomènes, jusques et y compris la synthèse de la molécule organique, sont transitifs; mais, ainsi que nous l'avons noté plus haut, il y a deux phases à distinguer dans le processus d'assimilation : l'une est préliminaire à l'assimilation proprement dite ; c'est la seconde, l'organisation cellulaire ou tissulaire, qui est seule, rigoureusement parlant, le terme du mouvement nutritif ; seul aussi ce phénomène d'assimilation proprement dite, c'est-à-dire d'intussusception de substances hétérogènes dans l'organisme cellulaire, est un mouvement *immanent* au sens rigoureux de l'expression.

Mais comme les réactions chimiques qui préparent l'assimilation et y vont naturellement aboutir forment avec l'assimilation elle-même un mouvement continu, *un tout*, il serait contraire à la nature des choses de les isoler de leur terme définitif, et par conséquent il reste vrai de dire d'une façon générale que le mouvement de la nutrition et, par suite aussi, celui de la croissance et de l'évolution de l'être vivant forment un mouvement *immanent*.

On a objecté que l'assimilation du vivant ne diffère pas essentiellement de la formation d'un cristal. Mais pour peu que l'on y regarde de près, on s'aperçoit bientôt qu'il n'y a entre les deux phénomènes qu'une ressemblance apparente. En effet, qu'est-ce qu'un cristal ? Un agglomérat plus ou moins considérable de particules homogènes qui, en s'attirant, arrivent à former un édifice régulier ; les particules cristallines qui viennent se déposer dans la solution ne prennent pas la place de particules anciennes qui auraient disparu, elles ne font que s'ajouter au cristal déjà formé ; c'est *à côté* des particules précédentes qu'elles se déposent et non pas *dans* le cristal antérieur ; il n'y a donc là qu'un simple phénomène de *juxtaposition de particules*, il n'y a pas, comme dans la nutrition, un phénomène d'*intussusception;* ce n'est pas *une* particule ou *une* molécule du cristal qui s'en incorpore d'autres pour *se*

développer elle-même. Ce n'est que dans le règne de la vie que nous voyons une individualité cellulaire ou multicellulaire *s'*assimiler des substances hétérogènes, c'est-à-dire les convertir en *sa* propre substance et, par ce processus, *s'*accroître, *se* diviser et *se* multiplier.

Il reste donc acquis que l'activité des êtres vivants se caractérise par son *immanence.*

Si l'on compare les termes *mouvement continu* et *immanent*, par lesquels nous avons désigné le mouvement vital, on peut dire que le premier indique le *genre*, et le second la *différence spécifique* de la définition de la vie aussi longtemps qu'on la restreint aux êtres organisés.

La vie, dit saint Thomas d'Aquin, c'est la propriété distinctive des êtres qui se meuvent eux-mêmes; l'être vivant est celui qui a dans sa nature de se mouvoir lui-même. « Illa propriè sunt viventia quæ seipsa secundum aliquam speciem motus movent. » Ou encore : « Ens vivens est substantia cui convenit secundum suam naturam movere seipsam. »

Bien entendu, le *mouvement*, « motus, » κίνησις, ne se prend pas ici dans l'acception étroite, courante aujourd'hui, d'un déplacement local; le mouvement est pris comme synonyme d'action, ou, plus rigoureusement, de l'action qui implique un changement. Lorsque saint Thomas dit que l'être vivant se meut lui-même, « movet seipsum », il veut donc dire que l'être vivant *agit* de telle façon que son action aboutisse à lui-même, qu'il en soit à la fois le principe et le sujet récepteur.

Entre la simple aptitude au mouvement ou la pure puissance, d'une part, et le fait actuel qui suppose l'aptitude satisfaite ou la puissance réalisée, d'autre part, il y a la mise en œuvre de la puissance, son exercice, la réalisation du fait, c'est là le mouvement proprement dit. C'est l'acte de quelque chose qui n'est pas complet, dit saint Thomas, « actus imperfecti, » ou, comme s'expri-

mait Aristote, « c'est l'acte d'un être en puissance, en tant qu'il est encore en puissance » (1).

Pour que l'esprit conçoive le mouvement, il faut qu'il ait simultanément en vue une double relation du mobile, l'une avec une puissance déjà réalisée, l'autre avec un acte encore réalisable ; le mouvement est tout à la fois la réalisation d'une certaine potentialité, et l'acheminement vers un acte ultérieur plus complet, c'est donc bien l'acte d'une puissance encore en puissance.

Le mouvement ainsi entendu embrasse tous les modes d'activité que nous avons rencontrés plus haut dans les organismes, le processus continu de nutrition (mouvement qualitatif), les phénomènes de croissance (mouvement quantitatif), les manifestations variées de l'irritabilité ou de la motilité (mouvement local ou de translation) (2), et enfin les faits de reproduction (génération et corruption) (3).

Voilà donc ce qu'est le mouvement en général. C'est la notion *générique* qui entre dans la définition de la vie.

Quant à la *différence spécifique,* elle gît, disions-nous, dans le caractère d'*immanence* du mouvement vital. Nous n'insisterons plus sur cette considération pour le moment, nous y avons, croyons-nous, suffisamment appuyé plus haut pour être en droit de conclure que la formule de saint Thomas a la valeur d'une *définition naturelle.*

Tout d'abord, c'est bien là la notion que pressent le vulgaire, lorsqu'il prend la manifestation d'un mouvement plus ou moins varié, sans cause extérieure apparente, pour indice de la vie.

C'est bien là aussi la conclusion qui se dégage de l'analyse que nous avons faite des fonctions des êtres organisés, à la lumière des sciences biologiques.

Le corps brut est là : rien n'empêche qu'il ne reste éternellement tel qu'il est, il suffit pour cela de le soustraire

(1) Ἡ τοῦ δυνάμει ὄντος ἐντελέχεια, ᾗ τοιοῦτον, κίνησίς ἐστι. Phys. III, 1.
(2) Aristote, *Physic.* V, 1 ; S. Thomas, *Comm.*, lect. 4.
(3) S. Thomas, *Physic.* VI, lect. 8.

aux agents extérieurs de destruction. L'être vivant au contraire a besoin de changer. Le protoplasme qui ne changerait pas serait du protoplasme mort. Chaque être qui vit parcourt régulièrement son cycle de fonctions assimilatrices et désassimilatrices ; avant de s'éteindre, il transmet à un être semblable à lui la puissance de recommencer le cycle qu'il a accompli ; cette évolution de l'individu et de l'espèce varie d'un vivant à l'autre ; l'évolution des champignons et des infusoires ne durera peut-être que quelques heures, celle de certains animaux peut durer un siècle, celle de certains arbres des siècles ; mais la durée importe peu ; le fait est que partout où il y a vie, il y a mouvement, mouvement qui tend à assurer la conservation de l'individu et la perpétuation de l'espèce, mouvement immanent donc, au sens défini ci-dessus. Quelle confirmation plus éclatante peut-on désirer de cette vue maîtresse : *vivere est movere seipsum* (1) ?

Mais ce n'est pas tout : faisant allusion à la diversité de

(1) Il serait fastidieux de faire la nomenclature des innombrables définitions de la vie que les naturalistes et les philosophes ont essayées. Aucune, nous semble-t-il, ne vaut celle de S. Thomas, et ce qu'elles valent, elles le doivent à ce qu'elles ont de commun avec elle.

Citons quelques spécimens :

Bichat : La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.

Béclard : La vie est l'organisation en action.

Littré : La vie est l'état d'activité de la substance organisée.

Beaunis : La vie est l'évolution déterminée d'un corps organisé susceptible de se reproduire et de s'adapter à son milieu.

De Blainville : La vie est un double mouvement interne de composition et de décomposition, à la fois général et continu.

S.-G. Mivart : L'être vivant est celui qui a la propriété naturelle de parcourir un cycle de changements définis.

Herbert Spencer : La vie est la combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs, en corrélation avec les coexistences et les successions antérieures *(in correspondence with external co-existences and sequences)*, ou plus brièvement : la vie est l'adaptation continuelle des relations internes aux relations externes.

La définition de Bichat s'inspire d'une *fausse supposition*. Elle part de l'idée qu'il y aurait chez l'être vivant une sorte d'antagonisme entre les forces physico-chimiques et une force vitale ; la vie ne serait donc qu'une réaction de la force vitale contre les éléments matériels.

Les définitions de Béclard, de Littré et de Beaunis ne font que *décrire* en termes généraux, et par leurs traits extérieurs seulement, les fonctions qui

la vie chez les différents êtres vivants, saint Thomas dit que tout ce qui vit se meut *secundum aliquam speciem motus*, selon un certain mode de mouvement.

Ici aussi, la biologie explique et justifie la formule du grand Docteur.

Chaque cellule vivante, en effet, possède sa physionomie « individuelle », et comme la structure et la fonction sont solidaires, il est permis d'affirmer que chaque cellule a son activité propre ; aussi, si la cellule est l'origine d'un être multicellulaire, nous voyons, dès le principe, les groupes qu'elle produit par division se disposer diffé-

s'accomplissent chez les organismes vivants. Elles ne nous renseignent pas sur le caractère intime de ces fonctions distinctives, et ne peuvent, dès lors, prétendre au titre d'une définition proprement dite.

La définition de Blainville met davantage en relief la fonction primordiale de la vie organique, à savoir, la nutrition, mais encore une fois ne dépasse pas les limites d'une description tout extérieure.

L'énoncé de notre savant collègue, M. le Dr Saint-George Mivart, a un mérite exceptionnel. Il fait voir très bien comment les substances organisées diffèrent non pas seulement des corps bruts, mais aussi des êtres qui ont cessé de vivre et qui sont en voie de désorganisation ; à vrai dire, nous ne voyons pas cependant en quoi la propriété naturelle de parcourir un cycle diffère de la faculté de se reproduire. Or la faculté de se reproduire ne nous dit pas *ce qu'est la vie*, attendu que cette faculté n'est elle-même qu'une des fonctions de l'être organisé. Ce qui importe, ce n'est ni une fonction à part, ni l'ensemble des fonctions, c'est le caractère qui leur est commun à toutes et qui n'appartient qu'à elles.

Une définition, en effet, doit nous rapprocher de la nature intime de l'objet à définir et s'appliquer *omni et soli definito*.

Au surplus, la description de M. Mivart, comme toutes les précédentes d'ailleurs, s'applique exclusivement à la vie *organique* et ne peut servir par conséquent de définition générale de la vie.

La formule de M. Herbert Spencer a l'avantage de viser le caractère *formel*, constitutif, des phénomènes vitaux. Malheureusement, elle est très abstraite, vague et, en outre, passablement compliquée. Ensuite, elle a l'inconvénient, beaucoup plus grave, de ne s'appliquer qu'à certains phénomènes vitaux, à la nutrition par exemple, ou au processus d'un raisonnement (*). Elle ne s'applique pas aux actes plus simples de la vie, tels que la sensation, le concept, le désir, le mouvement spontané.

Seule, à notre connaissance, la définition de saint Thomas d'Aquin embrasse les faits dans leurs caractères intimes et les envisage *formellement*, par leur genre et leur différence spécifique; seule, elle s'applique *omni et soli definito*.

(*) Voir *Principles of Biology*, vol. I, § 25. Williams and Norgate, 1884.

remment, les tissus se différencier selon l'espèce à laquelle l'organisme appartiendra, les organes se balancer et leurs fonctions se coordonner selon les besoins de l'ensemble, en un mot nous voyons le mouvement vital prendre une direction spéciale selon les sujets qui en sont le siège. « Ens vivens *secundum aliquam speciem motûs* seipsum movens. »

La définition de saint Thomas est donc bien dûment une définition naturelle : elle établit une ligne de démarcation objective entre les êtres qui vivent et ceux qui ne vivent pas.

Il y a plus. Non seulement l'immanence de l'activité constitue la caractéristique de la vie dans ce sens que tout être vivant, si bas qu'il soit dans la série des organismes, est doué de la propriété d'agir sur lui-même, à la différence de la matière brute qui en est absolument dépourvue, mais encore le degré d'élévation de la vie de n'importe quel être vivant se mesure sur le degré d'immanence de son activité distinctive.

Au plus bas degré de l'échelle de la vie, il y a la vie du végétal, vie de nutrition et de reproduction telle que nous l'avons décrite au début de cette étude ; plus haut, il y a la vie de l'animal qui végète et qui sent ; plus haut encore, la vie des êtres spirituels qui pensent, veulent, et choisissent ; enfin, au-dessus de la vie créée, la vie substantielle de l'Être divin.

Parcourons ces différents échelons de la vie et voyons-la s'y caractériser par son immanence progressive.

Lorsqu'un être quelconque agit, il y a toujours différents éléments qui contribuent à l'intégration de l'action totale : il y a d'abord l'*activité* elle-même, c'est-à-dire son exercice ; il y a le *but* vers lequel elle tend ; il y a enfin le *moyen* par lequel l'agent est mis à même de tendre vers le but et de l'atteindre.

Dans *la vie organique,* il n'y a qu'un seul de ces trois éléments qui relève de l'être vivant lui-même, un seul

donc qui trahisse l'immanence vitale, c'est l'*exercice* de l'activité que le vivant accomplit en *se* nourrissant, en *se* développant, en *se* reproduisant. Les deux autres éléments sont donnés au végétal, il ne se les procure pas à lui-même : en effet, le but de l'activité du végétal se confond avec sa nature et lui est donné avec elle ; avec elle aussi sont donnés les moyens de le poursuivre et de le réaliser, ces moyens n'étant pas autre chose que les forces dont le végétal est pourvu.

Mais montons d'un degré. L'*animal* possède toute la perfection de la vie organique, et il a en plus la faculté, non pas sans doute de se fixer le but ultime de ses appétitions et de ses mouvements, mais néanmoins de se laisser impressionner, dans la poursuite de ce but, par des influences intérieures qui n'ont rien de commun avec les excitations mécaniques des agents corporels. L'animal, en effet, est capable de mouvements qui ne sont pas la résultante fatale d'antécédents mécaniques, mais qui sont *spontanés*, c'est-à-dire, déterminés par des désirs sensibles, lesquels sont eux-mêmes provoqués par des perceptions sensitives antérieures. C'est donc un acte de connaissance qui imprime aux mouvements spontanés de la bête la *direction* qu'ils suivent dans le sens du but suprême de la nature animale ; et comme la connaissance est un acte immanent au premier chef, il est manifeste que l'animal révèle, plus et mieux que la plante, le caractère distinctif de la vie.

Ajoutons que, chez la plante, l'immanence n'appartient qu'au *sujet* organisé envisagé dans son entièreté, tandis que, chez l'animal, l'immanence pénètre jusqu'à la *faculté :* car l'activité cognitive se consomme dans la puissance cognitive elle-même.

Toutefois, chez la bête, posé la perception sensitive, l'appétition s'ensuit et le mouvement est adéquatement déterminé. Il n'y a donc place chez elle pour aucune liberté, ni dans le choix du but, ni dans la détermination des moyens à mettre en œuvre pour l'atteindre.

L'homme, au contraire, ne se trouve sous l'empire d'une appétition nécessitante que lorsqu'il se représente le bien en général, le bien complet pour lequel sa nature est faite. Quant à la volition du bien où l'objet de cette tendance nécessitante se trouve concrètement réalisé; quant aux moyens à employer pour s'approcher du bien suprême et arriver à le posséder, l'homme relève de lui-même. Ici, à part le bien en général qui est imposé à la volonté en dehors d'elle et sans elle, tout vient du sujet lui-même : *but* suprême *concret*, *buts particuliers*, *moyens*, *déploiement d'activité*. C'est l'immanence la plus profonde qui soit compatible avec les imperfections inhérentes à la créature.

Dieu seul est à lui-même sa propre fin. Lui seul n'a rien dû recevoir du dehors. Lui seul se suffit pour être, connaître, vouloir et agir. Bien plus, en lui tout n'est qu'un *acte* transcendant. Il n'y a plus ici de distinction entre le sujet et ses facultés, entre la faculté et son acte : l'être de Dieu, c'est son acte, et c'est en même temps son bien; et cet être, qui est à lui-même son bien, se connaît et s'aime lui-même, il est une pensée substantielle et un substantiel amour, il est à lui-même sa vie, la vie substantielle. C'est l'infini dans l'immanence comme en toute perfection (1).

(1) S. Thomas a admirablement condensé en quelques lignes les idées que nous développons dans le texte sur le parallélisme qu'il y a entre le degré de l'immanence et le degré de perfection des êtres vivants : « Cùm vivere dicantur aliqua secundum quod operantur ex seipsis, et non quasi ab aliis mota, quanto perfectiùs competit hoc alicui, tantò perfectiùs in eo invenitur vita. In moventibus autem et motis tria per ordinem inveniuntur.

Nam primò *finis* movet agentem ; agens verò principale est quod per suam formam agit; et hoc interdum agit per aliquod instrumentum quod non agit ex virtute suæ formæ, sed ex virtute principalis agentis; cui instrumento competit sola executio actionis.

Inveniuntur igitur quædam, quæ movent seipsa, non habito respectu ad formam vel finem quæ inest eis a natura, sed solùm quantum ad *executionem* motûs; sed forma per quam agunt, et finis propter quem agunt, determinantur eis a natura. Et hujusmodi sunt *plantæ*, quæ secundum formam inditam eis a natura movent seipsas, solùm habito respectu ad executionem motûs secundùm augmentum et decrementum.

Quædam verò ulteriùs movent seipsa, non solùm habito respectu ad executionem motûs, sed etiam quantùm ad *formam*, quæ est principium

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Arrivés au terme de cette étude, il est bon, pensons-nous, de jeter un regard en arrière sur les principales étapes que nous avons parcourues.

Nous avions pour but de rechercher, à l'aide des données du sens commun et des conclusions de la biologie, quelle est la notion philosophique qu'il faut se faire de la vie.

Dans un chapitre d'introduction, nous nous sommes demandé ce que les affirmations spontanées du sens commun et les conclusions autorisées de la science peuvent nous apprendre sur la vie.

motûs, quam per se acquirunt. Et hujusmodi sunt *animalia*, quorum motûs principium est forma non à natura indita, sed per sensum accepta. Unde quantò perfectiorem sensum habent, tantò perfectiùs movent seipsa. Nam ea quæ non habent nisi sensum tactûs, movent solùm seipsa motu dilatationis et constrictionis; ut ostrea, parùm excedentia motum plantæ. Quæ verò habent virtutem sensitivam perfectam, non solùm ad cognoscendum conjuncta et tangentia, sed etiam ad cognoscendum distantia, movent seipsa in remotum motu processivo.

Sed quamvis hujusmodi animalia formam, quæ est principium motûs, per sensum accipiant, non tamen per seipsa præstituunt sibi finem suæ operationis, vel sui motûs; sed est eis inditus à natura, cujus instinctu ad aliquid agendum moventur per formam sensu apprehensam. Unde supra talia animalia sunt illa quæ movent seipsa, etiam habito respectu ad *finem* quem sibi præstituunt. Quod quidem non fit nisi per rationem et intellectum, cujus est cognoscere proportionem finis, et ejus quod est ad finem; et unum ordinare in alterum. Unde perfectior modus vivendi est *eorum quæ habent intellectum*. Hæc enim perfectiùs movent seipsa. Et hujus est signum, quòd in uno et eodem homine virtus intellectiva movet potentias sensitivas, et potentiæ per suum imperium movent organa quæ exequuntur motum. Sicut etiam in artibus videmus quòd ars ad quam pertinet usus navis, scilicet ars gubernatoria, præcipit ei quæ inducit formam navis, et hæc præcipit illi quæ habet executionem tantum in disponendo materiam.

Sed quamvis intellectus noster ad aliqua se agat, tamen aliqua sunt ei præstituta à natura; sicut sunt prima principia, circa quæ non potest aliter se habere; et ultimus finis, quem non potest non velle. Unde, licet quantùm ad aliquid moveat se, tamen oportet quòd quantùm ad aliqua ab alio moveatur. Illud igitur, cujus sua natura est ipsum ejus intelligere, et cui *id quod naturaliter habet non determinatur ab alio*, hoc est quod obtinet summum gradum vitæ. Tale autem est *Deus*. Unde in Deo maximè est vita. Unde Philosophus (*Met.*, lib. XII, text. 51), ostenso quòd Deus sit intelligens, concludit quòd habeat vitam perfectissimam et sempiternam, quia intellectus ejus est perfectissimus et semper in actu. „ *Summ. theol.*, 1ª q. 18, art. 3. c.

Déjà pour le *sens commun*, l'être vivant suppose une certaine complication d'éléments hétérogènes tels que la science nous les montrera dans les organismes, et l'activité vitale se traduit surtout dans des mouvements sans cause extérieure visible, mouvements d'apparence spontanée au sens large de l'expression.

Nombreuses sont les *définitions scientifiques* de la vie, et il s'en faut qu'elles soient toujours concordantes. Une idée cependant se dégage de leur rapprochement : c'est que, pour les hommes de science les plus autorisés, *l'être vivant, c'est l'être doué d'organisation,* et *la vie, c'est l'ensemble des fonctions qui sont propres aux êtres organisés.*

Dès lors, pour nous acheminer vers une notion scientifique exacte de la vie, il nous fallait commencer par étudier la notion scientifique d'un organisme et des fonctions des êtres organisés.

Or, pour le naturaliste, l'organisme est une cellule ou a été originairement une cellule, et c'est d'elle qu'il est issu par un processus de différenciation progressive ; les fonctions de tout être organisé se réduisent aux fonctions de la cellule. Notre première tâche consistait donc à décrire l'*organisation de la cellule* et le *fonctionnement de la vie cellulaire.*

Toutefois, comme l'assimilation de nos organismes compliqués à une simple cellule microscopique pouvait paraître paradoxale et heurter des esprits peu familiers avec les observations et le langage des micrographes, il nous a semblé opportun de répondre tout d'abord à cette préoccupation que nous redoutions, et voilà pourquoi nous avons consacré un alinéa à montrer que les fonctions de digestion, d'absorption, de circulation, de respiration, de sécrétion des organismes végétaux ou animaux ne font que préparer ou compléter la fonction de nutrition telle qu'elle apparaît déjà essentiellement dans la vie cellulaire.

Le terrain ainsi déblayé, nous pouvions aborder avec fruit l'étude morphologique et physiologique de la cellule.

Nous avons donc décrit l'*organisation* cellulaire, avec son noyau, son protoplasme, sa membrane.

Nous avons décrit ensuite les *fonctions* de la vie cellulaire.

En premier lieu, la fonction de *nutrition*. Nous avons analysé ce mouvement alternatif d'assimilation et de désassimilation de la nutrition cellulaire, et nous avons tâché d'entrevoir quelle est l'étendue et quelle est l'intensité de ce mouvement que nous avons reconnu dans son ensemble pour un mouvement d'ordre *chimique*.

Nous avons suivi ensuite et rattaché à la nutrition les mouvements *physiques* du protoplasme au sein de la cellule, et les mouvements de *masse* attribués par la physiologie à l'irritabilité du protoplasme.

Après une parenthèse destinée à éclaircir la notion de l'*irritabilité*, nous avons poursuivi notre voie en montrant comme quoi ce triple mouvement atomique, moléculaire et de masse dont la cellule est le siège, rentre lui-même dans un mouvement plus général que nous avons résumé sous le nom de *cours de la vie individuelle et spécifique* de l'être organisé.

Il y a dans le cours de cette vie de l'individu et de l'espèce plusieurs stades : la cellule, que ce soit une cellule ordinaire ou une cellule fécondée, s'accroît, se divise, et les cellules-filles issues de la division se développent alors, s'il y a lieu, pour former les organismes plus compliqués des deux règnes.

Nous avons commencé par l'étude de la division du noyau ou de la caryocinèse, et plus généralement, de la division cellulaire ou de la cytodiérèse.

Nous y avons rattaché les mouvements si remarquables qui servent à la maturation de la cellule-œuf et à la préparation du zoosperme pour le phénomène de la fécondation chez les organismes à reproduction sexuelle.

Nous avons vu la cellule fécondée ou « cellule de segmentation » se diviser à son tour en repassant par les

phases déjà décrites de la division cellulaire, puis, à l'aide de deux lois que nous nous sommes efforcés de comprendre, la loi de l'accroissement inégal de la membrane cellulaire et de la couche cellulaire périphérique, et la loi de la différenciation histologique et de la division du travail, nous nous sommes formé une idée générale du développement d'un organisme, depuis la cellule embryonnaire primitive jusqu'aux stades extrêmes de complication des innombrables espèces végétales et animales dont la nature est peuplée.

Là s'arrêtait la première partie de notre enquête scientifique sur la vie, c'était la partie *descriptive*. Il fallait en synthétiser les résultats.

Quels sont les *caractères distinctifs* des organismes? Qu'est-ce qu'il y a de *spécial* au mouvement de la vie?

Ce fut l'objet de notre seconde partie et le moyen de nous acheminer vers le but final de notre travail, la définition philosophique de la vie.

Les caractères essentiels de l'être organisé sont la coordination de ses éléments constitutifs et la subordination de ses fonctions, ou, en langage plus philosophique, sa double unité de *substance* ou de *constitution*, et de *nature* ou *d'activité*, ou, mieux encore, son *unité de constitution et de nature*, car, en réalité, l'être est pour l'action, l'organe pour la fonction, l'unité d'être pour l'*unité de la nature*.

Nous avons poursuivi la recherche de cette unité à la fois dans les organismes complexes à l'état adulte, dans la cellule élémentaire et dans l'évolution de la cellule en voie de former les organismes qui en dérivent.

Nous avons alors conclu à une *première définition* de la vie, ou, plus exactement, de *l'être vivant*. L'être vivant, avons-nous dit, c'est *la substance qui réalise les conditions d'organisation*. Ce qui revient à dire avec Aristote que l'âme, ou le premier principe de vie des corps vivants, peut se définir *la cause primordiale de l'être et de l'activité*

des corps naturels doués d'organisation. « Anima est perfectio prima primusque actus corporis naturalis organis præditi » (1).

La *seconde définition* porte, non plus directement sur la substance vivante, mais sur *l'activité* que l'on désigne du nom de vie, sur le mouvement vital.

Le mouvement vital n'a pas pour caractère propre d'être spontané, comme beaucoup d'auteurs spiritualistes l'affirment trop précipitamment; il ne se produit que s'il est provoqué et dans la mesure où il est provoqué; il est soumis aux grandes lois de la conservation de la matière, de la conservation de l'énergie et de l'équivalence des forces de la nature; il n'est donc *pas spontané.*

Nous avons montré, en effet, que les éléments qui entrent dans la constitution des substances plasmiques sont les mêmes que ceux dont sont faits les corps minéraux, que les forces qui sont en jeu dans les êtres vivants sont les mêmes forces mécaniques, physiques et chimiques que nous retrouvons en dehors d'eux dans la nature non-vivante; il n'y a donc aucune raison de soustraire les êtres vivants et leur mouvement aux lois qui régissent les éléments et les forces de l'univers en général. Bien plus, l'expérience prouve que l'on peut avec succès appliquer les prévisions du déterminisme aux phénomènes vitaux, et Hirn a même en particulier constaté que les mouvements de l'animal et de l'homme sont soumis à la loi de l'équivalence de la chaleur et du travail mécanique.

Donc le mouvement vital n'est *pas spontané,* mais *provoqué.*

En revanche, le mouvement vital a des caractères positifs qui le distinguent des êtres inanimés, il est *continu* et surtout il est *immanent.*

D'une façon générale, il est permis de dire que la nature inanimée tend à *l'équilibre le plus stable*, tandis que les

(1) Εἰ δή τι κοινὸν ἐπὶ πάσης ψυχῆς δεῖ λέγειν, εἴη ἂν ἐντελέχεια ἡ πρώτη σώματος φυσικοῦ ὀργανικοῦ. *De Animâ*, II, 1.

corps animés ont une tendance naturelle à réaliser un *équilibre dynamique instable.*

Nous avons vérifié cette opposition entre les êtres des deux règnes sur le terrain de la chimie, de la physique et de la minéralogie; nous l'avons vérifiée pour les corps bruts ou vivants envisagés à part, nous l'avons vérifiée pour la nature inanimée et la nature animée envisagées dans leur ensemble.

A vrai dire cependant, la différence essentielle entre la matière brute et les êtres doués de vie n'est pas là. Car en définitive, si remarquable que soit la continuité du mouvement que nous avons observé chez les êtres organisés, il a ses analogues dans le monde inanimé.

Où gît donc la différence entre le mouvement même continu de la matière brute et le mouvement de la vie?

C'est que le premier est *transitif,* tandis que le second est *immanent.* Le *mouvement,* même continu, c'est le *genre;* l'*immanence,* c'est la *différence spécifique* de la définition de la vie.

C'est cette définition qui se trouve admirablement résumée dans cette formule de saint Thomas d'Aquin : « Ens vivens est substantia in cujus naturâ est movere seipsam. »

Exposer le sens exact de cette définition et en justifier la valeur, telle était la double tâche qu'il nous restait à fournir.

Nous avons donc montré ce que l'École entend par mouvement et ce que c'est, pour elle, que se mouvoir d'un mouvement immanent ou se mouvoir soi-même.

Puis nous avons tâché de faire voir que réellement l'être vivant se meut lui-même, dans le sens précédemment défini ; que, par contre, ce mouvement ne se trouve chez aucun être dépourvu de vie; et que, par conséquent, l'immanence du mouvement ou de l'activité constitue bien, au profit du règne de la vie, une véritable *caractéristique.*

Il y a plus, avons-nous dit. Non seulement l'être vivant

se meut lui-même et est seul à se mouvoir lui-même, mais, en élargissant les données du problème de la vie, on s'aperçoit que plus un être vivant se trouve haut placé dans l'échelle des êtres, plus est profonde l'immanence de son activité. L'immanence est donc tout à la fois le caractère spécifique et la mesure du degré de perfection des êtres vivants.

Admirable confirmation de la définition formulée par saint Thomas d'Aquin ! Aussi, après avoir examiné celles que l'on a essayé de lui substituer dans les temps plus récents, avons-nous dû reconnaître et maintenir qu'elle l'emporte sur toutes les autres et que seule, à parler rigoureusement, elle vérifie les conditions de *justesse* et de *précision* qui sont exigées d'une bonne définition.

D. MERCIER.

EXPLICATION DE LA PLANCHE (*)

Fig. 1. Cellule-type. — *n*, noyau ; *pr*, protoplasme ; *m*, membrane.

Fig. 2-3. Division cellulaire : forme pelotonnée. D'après J.-B. Carnoy, *La Cellule*, t. I, pl. III.

Fig. 4-6. Division cellulaire : couronne équatoriale.

Fig. 7-10. Division cellulaire : couronnes polaires.

Fig. 11 *(a-d)*. Différents stades de la segmentation. Morula. D'après O. Hertwig, *Traité d'embryologie*, fig. 30-41.

Fig. 12. Blastula de l'*Amphioxus*.

Fig. 13. Processus d'invagination. Schéma de la formation des glandes. Glandes tubuleuses et acineuses, simples et composées.

Fig. 14. Les feuillets germinatifs. — *ect*, ectoderme; *ent*, entoderme; *mes*, mésoderme.

Fig. 15. Dent carnassière du Lion.

(*) Voir à la fin de la livraison.

A PROPOS

DU

CONGRÈS D'ANTHROPOLOGIE CRIMINELLE [1]

Les congrès d'anthropologie criminelle réunis en 1885 et 1889 à Rome et à Paris avaient nettement présenté le caractère d'une guerre à outrance aux idées traditionnelles en matière de répression et de droit pénal. C'était, d'ailleurs, l'impulsion donnée à tout le mouvement anthropologique par ses premiers et trop bouillants initiateurs.

Pour Lombroso, Puglia, Garofalo, pour beaucoup d'autres encore, il fallait faire sauter la vieille épave juridique, bonne tout au plus à obstruer le chenal à l'école nouvelle.

Le mouvement anthropologique était une réaction; il fut exagéré : c'est le sort des réactions.

A la session de Bruxelles, un mouvement nouveau se produisit : mouvement de conciliation et d'entente entre

(1) Troisième congrès d'anthropologie criminelle, réuni à Bruxelles du 7 au 13 août 1892.

des écoles qui semblaient être aux antipodes l'une de l'autre.

Cette tentative de conciliation fut l'objet de jugements divers, et quelques publicistes se sont montrés bien sceptiques dans leurs appréciations.

On a voulu y trouver une bonne part de « sous-entendus, de tolérance et de déférence mutuelles. »

La tolérance, la déférence dans les procédés de discussions ne peuvent que contribuer au progrès de la science.

Mais jamais les sous-entendus et les équivoques ne pourront favoriser le développement du savoir humain.

C'est, au contraire, par la nette expression des conclusions de chaque système qu'il faut parvenir à la vision claire du vrai.

Il faut donc, avant tout, éviter les sous-entendus, élucider les équivoques, dépouiller les idées de la gangue qui les ternit, et empêche de les voir dans leur netteté.

Une est la vérité, comme une est la réalité des choses.

La conciliation entre les écoles ne doit pas être un marchandage à qui conservera la plus grosse part de son patrimoine de théories et de conclusions.

Tout autre doit être la conciliation scientifique.

La base en doit être l'abandon de tout ce qui est parti pris d'école.

Aucune école scientifique ne doit se croire infaillible *à priori*. Une comparaison sincère entre des systèmes opposés fera voir plus nettement ce qui est vérité et ce qui est illusion.

Il faut que, par une critique loyale et sévère, on établisse avec précision ce que les deux écoles prétendent ; que l'on distingue bien les points sur lesquels il y a divergence réelle et non apparente.

Sur ces points on verra sombrer des théories. La vérité n'est pas affaire d'écoles, elle est au-dessus d'elles ; ce qui est faux pour l'une ne saurait être vrai pour l'autre. Si l'une a raison, l'autre a tort.

Ceux qui aiment mieux les systèmes que la vérité pourront craindre ce résultat de discernement, auquel tout esprit droit et loyal doit aspirer.

Mais les divergences, souvent, seront de pure apparence. Une école part d'un point de vue, et néglige trop une autre manière d'envisager les mêmes objets ; l'autre voit d'un autre côté, et oublie qu'il y a un revers à l'objet de son étude.

Ainsi, le juriste voit l'homme dans sa nature d'être raisonnable, sujet du droit, sujet de la moralité. Le médecin, le physiologiste voit un organisme dans l'homme. L'un et l'autre étudient le même homme sous des angles différents.

Aussi longtemps qu'ils ne feront que considérer ce qui est dans la réalité, ils ne peuvent se contredire. L'opposition commencera lorsque l'esprit, se resserrant en des limites trop étroites, ne voudra reconnaître que ce qu'il aperçoit de son côté, rejetant comme erreur ce qui existe au côté opposé : ainsi se tromperait le collectionneur d'effigies royales qui ne voudrait point reconnaître que la pièce de monnaie, dans laquelle il ne voit que la face, porte aussi, au revers, des empreintes qui n'intéressent point sa manière de regarder les choses.

M. le Dr Dallemagne, dans *La Clinique* du 25 août, parle de la conciliation entre les écoles. Il exige comme première condition que l'on reconnaisse les faits, et les faits seulement, comme point de départ de la science. C'est précisément ce que nous demandions nous-mêmes au Congrès. Il est vrai que M. Dallemagne pense que seul l'entraînement de l'improvisation nous a conduits à cette déclaration. Qu'il se rassure : c'était l'expression de notre pensée froidement raisonnée. Quelques semaines avant le Congrès nous écrivions : « Nous ne reconnaissons donc *qu'un seul point de départ* de nos connaissances : *la constatation des faits... Des faits donc, rien que des faits*, mais des faits étudiés, médités, des faits d'où l'on déduise les

conséquences qu'ils nous manifestent : voilà notre point de départ, et notre méthode. Nous n'en reconnaissons point d'autre... » Et les soulignés y étaient (1). Nous avions fait la même déclaration en d'autres occasions.

M. Dallemagne offre de nous conduire au laboratoire, car il nous reproche de ne point le connaître assez. Le laboratoire! il est indispensable pour la science, et en particulier pour celle dont nous parlons. Nous voulons être les disciples du laboratoire. Mais tout le monde peut-il se spécialiser dans les sciences médicales? Nous ne pensons pas que ce soit la pensée de M. Dallemagne.

Il est d'autres sciences que la physiologie et l'anatomie. Il serait bien téméraire, celui qui prétendrait être une encyclopédie vivante, possédant à fond toutes les sciences.

Nous ne méprisons pas le laboratoire, et nous tâchons d'en pénétrer les enseignements. Mais nous dirigeons ailleurs aussi nos investigations. Il n'y a pas que le laboratoire. Il y a bien *des faits* qui ne peuvent y être étudiés, et qui n'en sont pas moins de la plus haute importance. Ces faits, il faut les considérer.

« Il est bien entendu qu'on ne va pas séparer les faits en deux catégories, » nous dit notre savant critique lui-même : les faits qui relèvent directement des sciences exactes, et les faits psychiques, intellectuels, moraux. Nous nous sommes élevés, et nous nous élevons encore contre cette séparation. Pour connaître l'homme, il faut l'étudier sous tous ses aspects. Mais l'étude sérieuse des faits psychiques, intellectuels et moraux, se fait dans la vie normale de l'individu, non pas dans des expériences de laboratoire.

M. Dallemagne trouve aussi que « le prêtre, le magistrat protestent contre les conséquences de nos prémisses, et cela, souvent, non sans une certaine pointe d'arrogance. »

(1) Voir notre travail sur *Les Bases de la morale et du droit*. Paris, Alcan; Gand, Siffer. 1892. Introduction. Méthode.

(Serait-ce le vieux cliché de certaine presse politique ?) La cause en est, d'après M. Dallemagne, l'ignorance des faits, surtout la non-intelligence des réflexes.

Mais précisément, si l'on ne se contente pas des expériences de laboratoire, — toujours un peu factices pour les phénomènes de la vie psychique, — on trouve qu'il doit y avoir autre chose que des réflexes. Qu'il y a, par exemple, un pouvoir d'inhibition sur les réflexes ; que l'homme domine les mouvements de l'organisme. Il faut étudier l'action de la pensée et de la volonté, et celle-là, les réflexes, non, ils ne l'expliquent pas ! — Lorsqu'un sujet résiste à ce que nous appelons une tentation, à ce que d'autres appelleraient une incitation ou une impulsion, le réflexe ne suffit pas ; — il faut reconnaître une force extra-organique.

Le laboratoire nous montrera l'organisme, la machine ; — la vie intellectuelle et morale ne relève pas du laboratoire.

M. Dallemagne veut nous conduire dans ce sanctuaire ; nous serons heureux d'y apprendre quelque chose de lui. Nous nous offrons à l'en faire sortir quelquefois, et à lui montrer la vie réelle, la vie vraie et normale de l'homme intellectuel et moral. Là aussi il trouvera des faits qui méritent l'attention : la lutte contre les penchants, la résistance aux entraînements, la conscience du bien et du mal, la persuasion intime de la responsabilité.

Les faits donc, mais tous les faits : voilà le point de départ. Chaque école pourra se spécialiser dans l'observation d'un ordre de phénomènes, sans oublier toutefois qu'il en est d'autres, sans négliger d'en tenir compte.

Nous n'entendons, d'ailleurs, en aucune manière abdiquer notre raison — nous ne voulons pas nous réduire au rôle d'appareil enregistreur de faits ; — nous voulons les étudier, les discuter, les raisonner.

Ces faits, nous les demandons établis ; les conséquences des faits, nous les voulons démontrées.

Nous admettons le dogme appuyé sur une autori divine ; nous n'admettrons jamais le dogmatisme scient fique, au nom de cette entité abstraite, et souvent imag naire, que l'on appelle La Science.

Ne nous emballons pas trop vite à créer des théori scientifiques. Trop souvent on a vu des systèmes que l'c proclamait au nom de La Science, crouler après quelque années, parce qu'ils avaient été prématurément établi: Pour peu qu'un savant parle, il proclame que La Scienc a parlé.

C'est du dogmatisme, cela !

L'anthropologie criminelle a eu déjà sa part des retour de l'opinion. Avant le Congrès de Paris, on ne parlait de théories lombrosiennes qu'avec l'accent du respect le plu profond. Trois années ont suffi pour les précipiter du hau de la roche Tarpéienne.

Et Lombroso, cependant, et ses partisans, n'étaient pa les premiers venus en science.

C'est un des exemples nombreux que l'on pourrait invo quer pour persuader aux savants d'être avides de faits, avares de théories.

Une dernière remarque sur la déclaration de M. Dallemagne : « Il faut, dit-il, qu'ils (les adversaires) nous suivent sur tous les terrains, » — c'est bien notre manière de voir ; — « qu'ils parlent notre langue. » Nous y sommes bien décidés, à condition qu'elle soit logique, puisque nos adversaires sont décidés à ne pas apprendre notre langue à nous, que peut-être ils ne comprennent pas toujours suffisamment.

Puisque nous avons eu l'honneur d'être l'un de ceux qui, au Congrès de Bruxelles, ont affirmé la possibilité d'un rapprochement entre l'école juridique et l'école anthropologique, nous essayerons de dissiper quelques-unes des équivoques qui séparent les écoles, et de montrer les points de contact auxquels nous faisions allusion.

A cet effet, voyons d'abord quelle est l'idée fondamentale des écoles qui sont en présence. L'on ne tardera pas à reconnaître que, sur le point essentiel, elles ne sont pas loin de se tendre la main.

Les idées fondamentales de l'école juridique peuvent se traduire ainsi :

1° Il y a un ordre moral et un ordre juridique que l'homme doit respecter ;

2° L'homme est un être doué d'intelligence et de volonté. Lorsque son intelligence comprend la loi, que sa volonté choisit entre le respect et la violation, cette action libre et consciente lui est imputable ;

3° La peine est la réparation de l'ordre violé, en même temps qu'elle en est la sauvegarde.

Nous avons prononcé ici deux mots qui, aux yeux de beaucoup d'anthropologistes, sont la condamnation de l'école juridique. Quoi de plus à prioristique que ces idées : la morale, le droit ! Sur quoi se basent-elles ? Ne sont-ce pas des rêves, des songes creux ?

Qu'ils nous permettent de leur demander, tout d'abord, s'ils oseraient les rejeter de la vie ! Nier le droit, nier la morale, c'est démolir l'humanité elle-même. Dites à l'homme qu'il n'y a plus de devoirs ; que l'action prétendue bonne ou mauvaise n'est pas telle dans sa réalité ; que le devoir est une chimère ; qu'il n'y a pas de droit. Quelle société peut rester debout ? Quelle bride imposerez-vous aux passions ?

Mais la base du droit, la base de la morale ! Non pas une base de fiction, de convenu ! La base réelle, dans l'objectivité des choses !

Cette base existe. Elle se trouve dans une donnée que l'on ose traiter d'anti-scientifique, mais qui est, en réalité, la plus scientifique de toutes. La science est avant tout la connaissance des causes, et la cause des causes, c'est la cause première.

« Il y a une conclusion qu'on ne peut éviter quand on raisonne sur la cause première. Il faut qu'elle soit indépendante. Si elle n'est pas indépendante, elle ne peut être la cause première, car c'est la cause dont elle dépend qui doit être la cause première. Il ne suffit pas de dire qu'elle est partiellement indépendante, puisque c'est supposer une nécessité qui détermine sa dépendance partielle, et que cette nécessité, quelle qu'elle soit, doit être une cause supérieure ou la vraie cause première; ce qui est une contradiction. Mais penser que la cause première est totalement indépendante, c'est penser qu'elle existe en dehors de toute autre existence; car si la présence d'une autre cause est nécessaire, la cause première doit dépendre partiellement de cette autre existence, et ne plus être la cause première..... Ainsi la cause première doit être, dans tous les sens, parfaite, complète, totale, *renfermant en elle tout pouvoir et s'élevant au-dessus de toute loi*, ou, pour nous servir de l'expression reçue, elle doit être absolue. » La page que l'on vient de lire est d'un auteur que personne, certes, n'oserait considérer comme n'étant pas à la hauteur de la science moderne: elle est de Herbert Spencer (1).

La nature entière est l'œuvre de Dieu ; — ce Dieu est Intelligence; — il a donc créé son œuvre en vue d'une fin déterminée ; il a voulu qu'un ordre, celui de moyens à fins, régnât dans ce monde qu'il a fait ; ordre qui n'est autre que celui de *la nature des choses*.

Voilà la base de la morale et du droit, que l'on nous demandait.

La finalité des êtres doit être respectée, parce qu'elle est voulue par Celui dont la volonté a tout produit, l'homme comme les autres êtres ; cette volonté est au-dessus de tout et souverainement respectable.

L'homme a sa fin marquée dans l'ordre des choses. Créature intelligente, il a pour fin sa perfection, la per-

(1) Spencer, *Premiers Principes*. Paris. Alcan, p. 42.

fection de son intelligence et de sa volonté. Sa fin est sienne, elle lui appartient, une autre créature ne peut se la subordonner.

Voilà la morale et le droit. L'ordre des choses voulu du Créateur est inviolable : c'est la loi morale. L'homme doit être respecté dans sa tendance à sa fin dans cet ordre des choses : c'est le droit.

L'homme comprend la morale et le droit par son intelligence ; il comprend que telle action est conforme ou non à l'ordre sous ces deux aspects ; sa volonté choisit, il fait l'action ou la rejette : c'est l'acte moral ou immoral, juste ou injuste.

Puisque le libre arbitre a déterminé l'action, l'homme est pleinement cause de l'observance de la loi ou de sa violation ; il répondra de son acte. Cette responsabilité est la source de la revendication : de la peine, ou de la réparation du droit.

Voilà la thèse de l'école juridique : — est-elle scientifique ?

On ne nous demandera certes pas de prouver ici, dans les quelques pages qui nous sont réservées, l'existence de Dieu, la conscience, la liberté. Cette démonstration, nous l'avons fournie dans notre ouvrage sur *Les Bases de la morale et du droit,* que nous avons écrit précisément pour démontrer que les vieilles idées sur ces matières ne sont pas en opposition avec ce qu'il y a d'établi dans l'anthropologie criminelle.

Ces données se démontrent scientifiquement, en s'appuyant uniquement sur la réalité des choses et sur leur nature.

Il est une chose que volontiers on reproche à l'école juridique, et que cependant elle ne prétend point.

L'homme, sujet du droit, de la morale, de l'obligation, n'est point un être idéal ; c'est l'homme tel qu'il existe dans la réalité des choses, avec son organisme, source

des passions même s'il est normal, et de plus, souvent imparfait ou anormal.

Or c'est l'homme réel qu'il faut considérer. Il faut le prendre tel qu'il est, avec ses passions, avec ses anomalies, avec les états pathologiques qui viennent empêcher le jeu de ses facultés supérieures. Car les facultés supérieures subissent l'influence de l'organisme, on l'a toujours reconnu.

L'organisme est un facteur important du crime, — car le criminel est celui qui donne libre cours à ses penchants, qui sont, en général, des fonctions organiques. C'est un point de vue important ; peut-être n'y a-t-on pas donné l'attention qu'il fallait. En cette matière, le moraliste et le magistrat auront beaucoup à apprendre du médecin... et le médecin lui-même a beaucoup à apprendre encore.

L'étude de l'homme physique au point de vue de la criminalité doit être poussée activement, car la science en est, à ce sujet, à la première période de son développement.

La théorie juridique est-elle conciliable avec l'anthropologie criminelle ?

Entendons-nous. Si l'on comprend par anthropologie criminelle cette théorie qui nie le droit, la morale, la conscience, la liberté, la responsabilité, — non, la conciliation n'est pas possible.

Il est des partisans de l'anthropologie criminelle qui ont nié tout cela : Lombroso et Puglia entre autres. Garofalo trouve que le problème de la morale est insoluble. Mme Clémence Royer proclame « qu'un être humain n'est pas plus responsable de ses vertus que de ses vices. Il ne dépend pas plus de lui d'être saint Vincent de Paul que Lacenaire, Régulus que Catilina, Newton ou le dernier des cuistres. »

Pour ceux-là, nous ne cesserons de les combattre. Mais ces auteurs sont-ils l'école anthropologique ?

Ainsi que le disait M. Drill dans le rapport qu'il a présenté au Congrès, ce n'est pas d'après les bévues de quelques-uns qu'il faut juger une école, mais d'après les conclusions d'ensemble.

L'école anthropologique, d'après sa méthode et d'après ses démonstrations, arrive-t-elle à la négation de la morale, ou même à la négation du libre arbitre ?

Celui qui prétendrait que l'anthropologie criminelle nie la morale, provoquerait bien sûr les protestations indignées de la presque unanimité des anthropologistes.

Quant au libre arbitre, certes beaucoup d'anthropologistes le nient. Mais est-ce bien l'anthropologie criminelle qui les y conduit? Il serait curieux de voir une synthèse des arguments d'anthropologie en faveur du déterminisme. Ceux qui arrivent à cette conclusion oublient qu'il y a une opposition frappante entre l'aliéné criminel, le fou moral, l'impulsif, l'obsédé, d'une part; et, d'autre part, l'homme sain d'esprit et maître de lui-même qui commet le crime.

M. Benedikt employait au Congrès cette expression pittoresque : « Il y a des criminels honnêtes. »

Reprenant cette expression, malgré ce qu'elle a de paradoxal, nous faisions remarquer que ces criminels honnêtes ne peuvent être que les anormaux, les pathologiques ; — qu'à côté d'eux, il y a les criminels *qui ne sont pas honnêtes : vrais criminels*, les physiologiques, les normaux, qui commettent le crime parce qu'ils le veulent.

Si l'on veut pousser plus loin les conclusions de l'anthropologie, et prétendre que tout criminel est un malade et seulement un malade ; si l'on veut arriver à cette conclusion, que l'homme n'est pas responsable de ses crimes et de ses vertus, alors non nous ne trouvons plus de conciliation possible. Mais cette conclusion est aussi fausse en anthropologie qu'en philosophie morale. Car elle ne concorde pas avec la nature de l'homme, doué d'intelligence et de volonté.

Il est autre chose dans la science anthropologique. Elle apporte des indications précieuses montrant les altérations de l'organisme humain, en rapport avec le jeu des facultés qui sont les conditions de la morale et du droit.

A considérer l'organisme dans son état normal, il est incontestable qu'il exerce une influence considérable sur la criminalité. Les passions sont des fonctions du corps. Ce sont elles qui entraînent l'homme au vice et au crime. Elles peuvent, si elles sont violemment surexcitées, amener l'irresponsabilité.

Si l'on étudie l'organisme anormal ou pathologique, cette influence devient bien plus manifeste et plus puissante. C'est là que trouve sa place l'influence de l'imbécillité, de l'idiotie, de la dégénérescence sur la criminalité. Le fonctionnement anormal du cerveau se montre encore dans l'obsession dont nous parlaient avec tant de charme MM. Magnan et Ladame.

Cette obsession prend parfois une forme spéciale, par son insistance et sa durée, et devient une espèce de préméditation apparente.

Bien voisins des obsédés sont les impulsifs. L'impulsion irrésistible, bien que consciente, semble prouvée par une observation indiscutable. L'impulsif est-il un fou ou un anormal? Nous croyons qu'il n'y a là, au point de vue anthropologique, qu'une question de détail. Son état particulier a pour cause, de l'accord de tous, une anomalie du cerveau. Qu'on le dise fou ou anormal, toujours est-il que l'impulsion tient à un état du cerveau qui est incapable de fournir les fonctions normales.

Quant aux influences sociologiques sur le crime, elles sont incontestables. L'éducation en est la première forme, peut-être la plus importante.

L'influence des milieux est immense, et se montre avec toute sa redoutable énergie dans le crime des foules.

Tout cela s'accorde parfaitement avec les idées de l'ancienne école.

L'homme n'est pas un pur esprit : il est un composé de corps et d'âme, et ce de telle manière, que l'âme ne peut exercer ses fonctions sans l'intervention du crops.

Le libre arbitre suppose nécessairement l'intelligence, et celle-ci ne peut produire son opération sans une continuelle intervention des sens et de l'imagination, qui, eux, sont des puissances organiques.

Il n'y a donc aucune difficulté à admettre que l'homme dont le cerveau, ou le système nerveux en général, est anormal, puisse se trouver dans des conditions telles que les fonctions de l'intelligence et de la volonté soient impossibles ou irrégulières.

Dès lors la liberté et, conséquemment, l'imputabilité et la responsabilité, se trouveront suspendues ou altérées.

Il n'y a pas de difficulté non plus à reconnaître l'influence des passions sur le crime.

Il n'y a donc ici aucune contradiction entre l'école juridique et l'école anthropologique.

Pour arriver à une conciliation, ou plutôt à *la conciliation*, c'est-à-dire à la rencontre des vérités qui se trouvent dans les deux écoles, il faut uniquement savoir faire abstraction de l'esprit de système.

Les vieilles idées sur la morale et le droit sont vraies; beaucoup des conclusions de l'anthropologie sont vraies, elles aussi. Il faut que ces vérités s'accordent.

Il peut y avoir une apparence d'opposition, à cause des points de vue différents auxquels se mettent les deux écoles, ou bien encore à cause de l'exagération inconsciente de l'expression; à cause, également, de la non intelligence, de la part d'une école, du langage de l'autre. Il faut savoir quitter chacun son point de vue, et embrasser l'objet de ses études de tous les côtés à la fois. Alors on verra dans l'homme l'*animal raisonnable*.

Animal, bien sûr, mais incontestablement *raisonnable*.

On verra que les fonctions de l'homme, être raisonnable, ne sont point exemptes de l'influence de l'animal. Sa rai-

son a besoin du concours de l'organisme, et toutes les perturbations de celui-ci ont leur contre-coup sur celle-là.

Pour mettre les deux écoles d'accord, il suffira de regarder l'homme dans sa réalité complète, corps et âme.

L'étude de l'organisme et du milieu dans leur influence sur la criminalité, voilà le véritable terrain de l'anthropologie criminelle. Ce terrain est aussi une fraction du territoire immense des sciences juridiques. Voilà le point de contact.

Si l'on veut appliquer ses efforts à ce point, on fera un chemin rapide vers la vérité, et nous ne verrons pas se réaliser cette triste appréhension de M. Dallemagne, « que tout ne rentre dans la nuit, laissant à ces nouvelles doctrines le soin d'arriver par leurs propres forces à s'imposer à l'attention et au respect. »

Pourquoi « tout rentrerait-il dans la nuit? » Les deux écoles réunies marcheront plus vite vers la lumière.

Ce qui retombera dans l'oubli, ce sont les exagérations, les hypothèses gratuites, les théories sans fondement. La vérité n'a pas peur du contrôle, et les deux écoles, marchant côte à côte, se contrôleront à chaque instant. La science ne pourra qu'y gagner.

Nous ne nous demanderons pas, comme M. Dallemagne, ce que sera le Congrès de Genève, si l'école juridique ou l'école anthropologique y prendront le haut du pavé. Mais une espérance que nous croyons pouvoir nourrir, c'est que, si les deux écoles travaillent de concert, on arrivera rapidement à un résultat qui dépassera peut-être tout ce que l'on attendait.

MAURICE DE BAETS.

LA PHOTOGRAPHIE

DES

PROTUBÉRANCES SOLAIRES (1)

« L'éclipse de 1868 sera une date mémorable dans l'histoire de l'astronomie, car c'est alors que M. Janssen et M. Lockyer apprirent aux savants à étudier en tout temps les protubérances, sans devoir attendre les époques si rares où la nature se plait à nous les montrer un instant en éclipsant la brillante lumière qui nous empêche de les voir. Depuis lors, le spectroscope est devenu un instrument indispensable aux astronomes; c'est grâce à lui qu'ils peuvent observer tous les jours ces produits de l'activité solaire qui se dérobent ordinairement à nos regards. On s'est livré à cette étude avec une ardeur incomparable, et en quelques années on a obtenu des résultats extrêmement intéressants; les nouvelles décou-

(1) Technology Quarterly, t. III, n° 4, 1890. Un article de M. G. E. Hale. Je n'ai pas pu consulter ce travail.

Astronomische Nachrichten, n°s 3006, 3037 et 3053. Notes du même.

Sidereal Messenger, June 1891. Un article du même.

American Journal of Science, August 1891. George E. Hale. *Photographie*

vertes ont comblé de nombreuses lacunes dans les différentes branches de la physique solaire, et projeté une éclatante lumière sur une multitude de questions qui, sans ces travaux, seraient restées à jamais enveloppées de la plus profonde obscurité » (1).

C'est dans ces lignes, dont l'enthousiasme n'est nullement exagéré, qu'un des spectrocopistes les plus renommés,

Investigations of Solar Prominences and their Spectra, pp. 160 et suiv.; 1 planche.

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS, tomes CXIII, CXIV, CXV:

17 août 1891. H. Deslandres. *Recherches nouvelles sur l'atmosphère solaire*, pp. 307-310.

8 févr. 1892. H. Deslandres. *Recherches nouvelles sur l'atmosphère solaire*, p. 276.

14 mars. H. Deslandres. *Sur une protubérance remarquable*, pp. 578-580.

9 mai. Mouchez. *Photographies des protubérances solaires à l'Observatoire de Paris, par M. Deslandres*, p. 1045.

13 juin. G. E. Hale. *Recherches sur l'atmosphère solaire*, p. 1406.

11 juill. G. E. Hale. *Photographies de la chromosphère, des protubérances et des facules solaires, à l'Observatoire d'astronomie physique de Kenwood-Chicago*, pp. 106-109.

25 juill. H. Deslandres. *Résultats nouveaux sur l'hydrogène, obtenus par l'étude spectrale du Soleil. Rapprochements avec l'étoile nouvelle du Cocher*, pp. 222-225.

ASTRONOMY AND ASTRO-PHYSICS. 1892.

Jan. G. E. Hale. *The Ultra-Violet Spectrum of the Solar Prominences*, pp. 50-59.

C. A. Young. *Note on the Chromosphere Spectrum*, p. 59.

G. E. Hale. *Recent Results in Solar Prominence Photography*, pp. 70-78.

Febr. G. E. Hale. *Notes on Recent Solar Investigations*, p. 159.

April. G. E. Hale. *Spectroscopic Observations of the Great Sun-Spot Group of February 1892*, pp. 310-314, 1 planche.

May. G. E. Hale. *Solar Photography at the Kenwood Astro-Physical Observatory*, pp. 407-417, 2 planches.

Aug. G. E. Hale. *The Ultra-Violet Spectrum of the Solar Prominences*, p. 602.

G. E. Hale. *Photographs of Solar Phenomena obtained with the Spectroheliograph at the Kenwood Astro-Physical Observatory*, p. 603, 2 planches.

MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY. *Annual Report of the Council*, t. LII. February 1892. *The Prominence Photography*, pp. 292-294.

COSMOS, 1892, 8 octobre. C. M. *L'Observatoire de Kenwood*, pp. 302-305, 3 figures.

(1) A. Secchi, S. J., *Le Soleil*, 2e édit. Paris, 1877, t. II. p. 1.

le R. P. Secchi, S. J., résumait en 1877 son appréciation de la découverte de M. Janssen et de M. Lockyer. Depuis lors, la marche rapide des progrès de la science sur le terrain de la physique solaire ne s'est pas ralentie ; et cependant, on peut dire sans hésiter que les applications faites jusqu'ici du merveilleux procédé d'investigation fourni par le spectroscope, ne sont que l'ébauche de celles qui se préparent, disons mieux, de celles qui, mûries par de sérieuses études préliminaires, se présentent au monde savant toutes pleines des plus riches promesses.

Il ne s'agit pas ici d'un simple développement naturel des principes contenus tout entiers dans les méthodes ordinaires de la spectroscopie, mais d'un procédé nouveau vainement cherché depuis vingt ans. Les essais qui viennent d'en être faits ont été marqués par des découvertes ouvrant à la science de nouveaux champs de recherches; son moindre résultat serait de donner un nouvel essor à la physique solaire et de lui préparer, dans un amas de documents dont l'exactitude ne le cédera qu'à la facilité de les obtenir, un terrain ferme sur lequel elle puisse, avec assurance, asseoir ses théories.

En effet, grâce aux recherches persévérantes et à l'habileté de deux savants, M. G. Hale, en Amérique, et M. H. Deslandres, en France, les nombreuses difficultés qui entravaient l'application de la photographie à l'étude des protubérances et des autres manifestations de l'activité solaire sont vaincues ; des procédés simples et ingénieux ont été imaginés et, soumis à l'épreuve de l'expérience, ils ont fourni des résultats qui sont déjà des révélations.

Nous voudrions, dans ces quelques pages, après avoir rappelé les essais infructueux tentés dans cette direction, donner une idée des méthodes nouvelles et des faits déjà acquis. Les nombreux articles publiés par le savant américain dans diverses revues, mais surtout dans l'excellente publication *Astronomy and Astro-Physics* qu'il dirige en

collaboration avec M. Wm. W. Payne, seront notre principal guide. Nous utiliserons aussi plusieurs notes des *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris, signées les unes par le même savant, les autres par M. Deslandres (1).

Rappelons d'abord brièvement le mécanisme de l'observation des protubérances. L'instrument qui permet cette observation en dehors des éclipses, le spectroscope, se compose essentiellement d'un collimateur armé d'une fente à ouverture variable, — d'un système dispersif, prisme ou réseau (2), — et d'une lunette d'observation. Le spectroscope étant fixé sur l'équatorial, celui-ci est braqué sur le Soleil. On amène la plaque où est pratiquée la fente, aussi exactement que possible, dans le plan focal de l'objectif; une image nette du Soleil se forme sur cette plaque. Cette image envoie des rayons lumineux dans toutes les directions. Le système lenticulaire du collimateur rend parallèles ceux de ces rayons que la fente laisse passer, et les conduit sur le système dispersif du spectroscope. Sous l'action de ce système, la lumière est décomposée, il se forme un ou plusieurs spectres que l'astrophysicien peut étudier au moyen de la lunette d'observation.

Supposons la fente du collimateur entièrement couverte par l'image du Soleil. Dans le champ de la lunette, l'observateur verra la portion du Soleil qui est délimitée par

(1) Nous avons donné les titres de ces divers travaux dans la note précédente.

(2) Tout le monde a observé qu'un rayon de lumière blanche, tombant sur un prisme de verre, se décompose, s'ouvre en un éventail constitué de rayons colorés des nuances de l'arc en ciel; c'est ce qui constitue le phénomène de la *dispersion* de la lumière. Ici cette dispersion est obtenue par *réfraction*. L'image aux nuances variées qui est produite par cette réfraction s'appelle le *spectre* de la lumière blanche.

Ce même rayon de lumière traversant un *réseau*, c'est-à-dire une lame transparente sur laquelle sont tracées des raies parallèles très rapprochées les unes des autres, subit la même décomposition, la même dispersion. Seulement, au lieu d'un seul spectre, on en obtient toute une série. Tel est le phénomène de la dispersion par *diffraction*. — Les spectroscopes dont le système dispersif est un réseau s'appellent indifféremment spectroscopes à réseau ou spectroscopes de diffraction.

la fente, considérablement allongée dans le sens de la dispersion et brillant des plus vives couleurs. Qu'il mette, au contraire, la fente normalement au limbe solaire et moitié sur le disque, moitié en dehors, il trouvera dans le champ deux parties distinctes : l'une, brillante comme tout à l'heure, montrera encore le spectre éblouissant du disque solaire; l'autre sera le spectre, beaucoup plus faible, de l'atmosphère illuminée. Si, par hasard, au point du limbe occupé par la fente, se trouve une protubérance, de cette ligne de séparation des deux spectres qui n'est que l'image du bord solaire, l'observateur verra s'élever trois ou quatre raies lumineuses se détachant plus ou moins vivement sur le spectre de l'atmosphère qui leur sert de fond. S'il n'y a pas de protubérance, ces lignes existeront encore; car la couche gazeuse, appelée chromosphère, qui enveloppe complètement le Soleil, les fournit aussi bien que les protubérances; mais elles seront courtes et plus difficiles à reconnaitre. — En général, la netteté des images exigera une fente assez étroite.

Pour se rendre compte de ces apparences, il suffit de considérer que la lumière des protubérances ne renferme pas, comme celle du Soleil, une suite presque continue de couleurs simples, mais seulement quelques couleurs notablement séparées dans le spectre; elle est, non pas monochromatique, mais oligochromatique. Le système dispersif du spectroscope, prismes ou réseau, sépare ces radiations; chacune de celles-ci fournit une image de la portion découpée par la fente sur la protubérance. Plus la dispersion sera énergique, plus ces images, ces raies brillantes, seront distantes l'une de l'autre dans le champ de la lunette, sans que, pour cela, elles se soient beaucoup étalées et, par conséquent, sans qu'elles aient sensiblement perdu en éclat. Au contraire, la lumière du spectre atmosphérique, répandue d'une façon presque continue sur un espace qui s'est notablement accru, s'affaiblira en proportion. Le contraste entre la raie protubérantielle

et le fond sur lequel elle se projette sera renforcé, l'observation gagnera en commodité et en précision. Concluons que les spectroscopes à haut pouvoir dispersif sont avantageux dans l'étude visuelle des protubérances. Ils ne le sont pas moins, et pour les mêmes raisons, dans leur étude photographique.

Nous nous sommes donc rendu compte de la méthode à suivre pour obtenir un spectre de protubérance. Veut-on alors se faire une idée de la *forme* de l'appendice solaire sur lequel le spectroscope est dirigé, rien de plus simple. On concentrera toute son attention sur la raie la plus brillante et la plus nette offerte par la protubérance en question; puis on déplacera très lentement la lunette de façon à promener sur la fente la région du limbe occupée par le phénomène étudié. Pendant ce mouvement, la fente est conservée normale au limbe. Mais on peut aussi commencer par la disposer tangentiellement à ce limbe, puis l'en éloigner peu à peu en la conservant parallèle à elle-même. L'une et l'autre de ces deux opérations revient absolument à promener sur un dessin une feuille de papier dans laquelle on a pratiqué une fente rectangulaire étroite; chacune des positions de la fente nous découvre une tranche de l'image sur laquelle nous la promenons, et l'ensemble de ces tranches permet de reconstituer le dessin tout entier. — On rencontre des protubérances assez brillantes pour qu'elles restent observables à travers une fente large. Cette circonstance facilite singulièrement l'étude de la forme générale de ces flammes, surtout si leurs dimensions ne sont pas très considérables.

On pourrait encore modifier comme suit la seconde méthode que nous venons de proposer — et nous en rencontrerons une application dans les procédés photographiques — : la fente, supposée normale à l'équateur céleste, est placée un peu à l'Est de la protubérance à observer. Cela fait, on ralentit, comme il convient, le mouvement d'horlogerie qui conservait l'équatorial inva-

riablement braqué sur le Soleil. Grâce au mouvement diurne, la protubérance vient passer lentement sur la fente, et l'observateur peut assister à ce passage et le contempler à travers une quelconque des raies brillantes propres à cette sorte de phénomènes solaires. La fente conservant, pendant le mouvement de l'image, une position invariable par rapport au système dispersif, les raies aussi seront immobiles dans le champ de la lunette d'observation.

Venons-en maintenant à la photographie des protubérances.

Il y a, nous l'avons dit, plus de vingt ans que les premiers essais furent tentés dans cette direction; et, chose remarquable, de toutes les expériences faites avant les succès obtenus récemment, les anciennes avaient été aussi les plus encourageantes.

La première photographie d'une protubérance, obtenue en dehors d'une éclipse, fut faite, en 1870, par le professeur Young. La fente de son instrument étant ouverte assez large et disposée tangentiellement au limbe de l'image solaire, la plaque sensible fut exposée au rayonnement d'une protubérance dans la raie $H\gamma$ ou G' de l'hydrogène. Après le développement de l'image latente, le contour général de la protubérance apparut seul, faiblement dessiné. Le succès fut assez mince et cette voie fut abandonnée.

Les causes de cet insuccès sont multiples : c'est d'abord, dans le télescope, un léger défaut de réglage; puis, sans doute aussi, le caractère nébuleux de G', mais surtout la largeur de la fente. En effet, l'image de la protubérance, qui se montre à travers la raie G', se détache sur le fond du spectre continu de l'atmosphère terrestre éclairée par les rayons du Soleil. Ouvre-t-on la fente, l'éclat de ce fond croît très rapidement, beaucoup plus rapidement que celui de la protubérance, et le contraste

diminue. Ajoutez à cela l'illumination générale du champ due soit à la fluorescence des prismes et de l'objectif, soit à la lumière diffusée par le réseau. Autant de circonstances concourant très efficacement à effacer les détails de structure de l'objet à photographier.

En 1872, le R. P. Braun, S. J., proposa une nouvelle méthode. Elle avait l'inconvénient grave d'exiger un appareil spécial. MM. Lockyer et Seabroke, vers le même temps, n'eurent pas plus de bonheur que leurs devanciers. 1874 et 1880 virent les essais bientôt oubliés du Dr Lohse avec son spectroscope rotatif. Vinrent enfin M. Zenger (1879) et M. Janssen (1881). Aucun de ces physiciens ne réussit à faire adopter sa méthode, et peu à peu le silence se fit sur cette question ardue de la photographie des protubérances, qui, en dépit de tant d'habileté et de tant d'efforts réunis, semblait n'avoir pas fait un pas depuis les expériences sommaires du professeur Young.

M. Georges E. Hale la reprit en 1889. Il avait trouvé deux méthodes capables de conduire au résultat désiré (1). Deux mots d'abord sur le grand spectroscope à réseau qui lui servit dans ses recherches. Le collimateur et la lunette d'observation ont des dimensions identiques : ouverture 3 1/4 pouces (2), longueur focale 42 1/2 pouces. Ils forment entre eux un angle invariable de 25°. Comme système dispersif, M. Hale dispose d'un réseau de Rowland de 4 pouces de longueur et à 14438 lignes par pouce. La rotation de ce réseau mobile autour d'un axe amène dans le champ les spectres des différents ordres.

Parmi les raies protubérantielles connues avant les travaux de M. Hale, celle qui se prête le mieux à la photographie est cette même raie rouge C si avantageuse dans

(1) Astronomische Nachrichten, n° 3005.
(2) Le pouce anglais vaut 25,4 millimètres.

l'observation visuelle. Employons-la. Et pour que les régions du spectre atmosphérique qui l'avoisinent compromettent le moins possible la netteté de nos résultats, disposons, un peu en avant du plan focal de la lunette d'observation, un écran percé d'une fente ne laissant le passage libre qu'aux radiations d'une bande étroite comprenant la raie C. C'est ce dispositif que, par la suite, nous appellerons simplement la *seconde fente*. Pour photographier la tranche d'une protubérance rayonnant à travers la raie C, que faut-il encore? Rien de plus qu'une surface sensibilisée, placée exactement dans le plan focal de la lunette d'observation, et mise à l'abri de toute lumière étrangère par une chambre noire. Si maintenant, l'image solaire se mettant en mouvement, la protubérance traverse la fente du collimateur, chacune de ses sections viendra successivement impressionner la surface sensible. Il suffira donc pour obtenir, après développement, une image fidèle de l'appendice solaire étudié, que cette surface sensible soit elle aussi animée d'un mouvement normal à la direction de la seconde fente et d'une vitesse égale à celle de l'image solaire.

Tel est le principe de la première méthode de M. Hale; elle fut employée jusqu'au mois de juin 1891. Le point délicat était d'assurer une parfaite concordance entre le mouvement de l'image solaire et celui de la surface sensibilisée. M. Hale s'efforça d'y parvenir par la combinaison que voici :

Une pellicule flexible de celluloïde photographique était enroulée sur un cylindre renfermé dans une petite chambre noire, qui s'adaptait, comme nous l'avons dit, derrière la seconde fente. L'axe du cylindre était parallèle à la fente, et un mouvement de rotation uniforme lui était imprimé au moyen d'une petite clepsydre (1). Un bon nombre de belles photographies furent obtenues de cette façon à

(1) SIDEREAL MESSENGER. June 1891.

l'Observatoire de Kenwood-Chicago. Mais on découvrit tant de défauts à l'appareil, et le réglage parfait du mouvement du cylindre sur celui de l'image solaire se trouva si difficile à réaliser que M. Hale, abandonnant ce procédé, résolut de construire un mécanisme nouveau d'après le principe de la seconde méthode proposée par lui dès 1889.

Dans la première méthode, nous venons de le voir, l'image solaire et la pellicule sensible sont en mouvement, tandis que les fentes restent immobiles. La deuxième méthode renverse les rôles : l'image solaire et la plaque restent immobiles et les fentes sont mises en mouvement. La première fente, celle du collimateur, se meut à travers l'image solaire maintenue fixe par rapport à l'équatorial. Ce déplacement de la première fente relativement au système dispersif produit un mouvement d'ensemble du spectre dans le champ de la lunette d'observation ; il s'ensuit que la seconde fente doit marcher en sens contraire de la première pour laisser le seul rayonnement de la raie employée tomber toujours sur la plaque sensible. Des repères, déterminés une fois pour toutes, servent à mettre le collimateur et la lunette d'observation au point pour la raie K, et un artifice permet d'amener cette même raie K du spectre de 4° ordre sur la deuxième fente, alors même que la plaque sensible est déjà en place. Ici encore une clepsydre d'une construction appropriée produit le mouvement. Ce ne fut pas sans peine que M. Hale réussit à lui donner toute la perfection nécessaire. Nous n'entrerons pas cependant dans une description détaillée qui nous entraînerait trop loin. Qu'il suffise de dire que la valvule de réglage est manœuvrée au moyen d'une vis micrométrique, et que la tige du piston est raccordée aux équipages des fentes par deux systèmes de leviers calculés de façon à donner à ces fentes l'accord de marche requis. Tel est,

dans ses parties essentielles, l'instrument auquel M. Hale a donné le nom de *spectrohéliographe* (1).

Les principes de ces deux méthodes furent d'abord soumis à l'expérience à l'Observatoire de Harvard College. Des difficultés considérables vinrent entraver ces premiers essais. Le télescope à miroir argenté mis à la disposition de M. Hale avait une monture alt-azimutale qui ne permettait de l'employer qu'aux environs du méridien. En outre, sous l'action de la chaleur solaire, le miroir se déforma à tel point que l'observation des protubérances devint presque impossible. Comment, dans de telles conditions, espérer des résultats de quelque valeur? M. Hale s'opiniâtra et réussit à reproduire par la photographie les contours généraux de quelques protubérances. Il se sentit encouragé à poursuivre son travail.

Il était devenu évident que l'emploi du grand spectroscope à diffraction, décrit plus haut, exigeait un équatorial de taille assez considérable. Il fut décidé que l'équipement de l'Observatoire de Kenwood-Chicago, dont M. Hale est le directeur, serait complété par l'acquisition d'une lunette de 12 pouces. Les travaux commencèrent sans retard et, depuis plus d'une année, le télescope et le spectroscope sont installés. Réunis invariablement l'un à l'autre, ils ne font, pour ainsi dire, qu'un seul instrument qui ne laisse rien à désirer au point de vue de la stabilité et de la commodité.

Il est temps que nous arrivions à l'exposé des résultats obtenus.

La première question à résoudre était celle du choix de

(1) Astronomy and Astro-Physics. May 1892, *loc. cit.*— On y trouvera deux magnifiques planches représentant le spectrohéliographe. — « Spectrohéliographe » revient à « instrument qui *inscrit* les phénomènes *solaires* par l'intermédiaire du *spectre*, » ou bien, plus rigoureusement, à « enregistreur du spectre solaire. »

la raie à employer pour la photographie. C donne des images nettes et brillantes; mais elle est rouge, et cette couleur est des plus lentes à impressionner les plaques photographiques. On préféra essayer d'abord la raie bleue $H\gamma$, mais avec une fente étroite. Cela suffirait, espérait-on, à écarter les inconvénients rencontrés par le professeur Young dans l'emploi de cette raie. Il n'en fut rien. On n'obtint qu'une image à contours grossiers et faibles par défaut de contraste avec le fond. Coûte que coûte, il fallait donc s'adresser à C. D'ailleurs la faiblesse actinique de cette raie pouvait se corriger au moyen des sensibilisateurs. On essaya la cyanine, l'alizarine bleue, la chlorophylle, d'autres encore, sans obtenir de résultats tout à fait satisfaisants. Mais une solution bien plus avantageuse se préparait.

Dès ses premières recherches photographiques sur les *spectres protubérantiels*, M. Hale avait été fort surpris de trouver sur ses plaques, avec les raies citées alors comme caractéristiques des nuages solaires, deux lignes étroites, claires, bien définies, jaillissant à l'extrémité violette du spectre, au centre des bandes sombres H et K (1). Il y avait là, au point de vue de la photographie des protubérances, un ensemble de conditions voisin de l'idéal, mais que les difficultés d'observation directe ne permirent pas d'apprécier d'abord à sa juste valeur. Les insuccès éprouvés avec les raies $H\gamma$ et C décidèrent enfin M. Hale à essayer ces raies nouvelles. Leur inappréciable supériorité ne tarda pas à s'affirmer. Grâce aux bandes sombres au milieu desquelles ces lignes se trouvent, les deux fentes purent être ouvertes beaucoup plus que dans toute autre région du

(1) En 1872, établi au mont Sherman (2800 mètres) dans une station très favorable, M. Young, dont les yeux sont exceptionnellement sensibles aux ondes lumineuses courtes, avait déjà réussi à voir de semblables renversements de H et de K. Mais, dans les conditions ordinaires, ils ne sont pas observables.

spectre, sans qu'on eût à craindre de voiler les plaques ou de sacrifier le contraste. La première photographie de protubérance prise dans ces conditions dépassa en netteté tout ce que l'on avait obtenu jusqu'alors.

Mais ce qui donne à la découverte et à l'emploi de ces raies une importance extraordinaire, ce qui décuple la portée de l'étude des protubérances, c'est que, par elles, nous atteignons ces mystérieuses *protubérances blanches* dont la lumière ultra-violette, défiant toute observation visuelle, ne nous avait été révélée jusqu'ici que par les photographies obtenues à ces rares et précieux instants des éclipses totales du Soleil. L'éclipse du 29 août 1886 révéla au monde savant ces nouvelles flammes du brasier solaire. Le professeur Pickering, qui observait à Granada, trouva sur ses plaques une proéminence en spirale d'une hauteur de 150 000 milles (1), et dont le spectre, continu et complet dans la partie visible, offrait en outre une raie au milieu de chacune des deux bandes H et K et une trace de raie à mi-chemin entre K et L. Il n'est pas difficile de voir qu'une flamme ainsi constituée échappe aux investigations spectroscopiques. Et, en effet, cette protubérance ne se retrouva pas sur les dessins exécutés au spectroscope par M. Tacchini avant et après la totalité. « Il est donc hautement probable, concluait M. Pickering, qu'un grand nombre de protubérances passent absolument inaperçues, parce que nous n'avons que des méthodes visuelles d'observation, et pas de méthodes photographiques. » L'éclipse du 1er janvier 1889 apporta de nouveaux arguments à l'appui de cette façon de voir, et sa parfaite exactitude vient d'être établie par les travaux de M. Hale et de M. Deslandres, qui sont venus si heureusement combler la grande lacune signalée par l'habile directeur de Harvard College Observatory (2).

(1) Le mille anglais vaut 1609 mètres : 150 000 milles font donc 241 350 kilomètres, c'est-à-dire à peu près 20 fois le diamètre terrestre.

(2) Americ. Journal of Science et Sidereal Messenger, *loc. cit.*

Avant d'aller plus loin, il est intéressant de rechercher quelle pourrait être *la nature des nouvelles raies protubérantielles*. Leur importance dans la physique solaire est considérable, car on les a trouvées non seulement dans toutes les protubérances étudiées photographiquement, mais encore dans la chromosphère, sur les taches, bien plus, nous le verrons tout à l'heure, sur des régions immenses de la surface du Soleil. Or des mesures précises ont montré que ces raies coïncident avec les raies H et K du calcium, qui donnent leur nom aux bandes mentionnées plus haut, et, par conséquent, pensait-on, avec deux raies de l'hydrogène. A laquelle de ces deux substances ou, plus correctement, à quelle substance les nouvelles lignes doivent-elles leur présence constante dans l'enveloppe gazeuse du Soleil et dans les produits de ses gigantesques perturbations? Telle était la question qui se posait.

Un point est absolument certain aujourd'hui : *les raies protubérantielles et chromosphériques H et K ne sont pas des raies hydrogéniques*. Personne, parmi les savants qui se sont occupés de cet objet, MM. Hale, Deslandres et Young, ne conserve le moindre doute à cet égard. Voici leurs arguments ; ils sont sans réplique. Les photographies de certaines protubérances indiquent H et K à un niveau que l'hydrogène observé à travers la raie C semblait ne pas atteindre. De plus, on a trouvé H et K très fortes sur des régions solaires où les autres raies de l'hydrogène étaient très réduites ou même n'apparaissaient pas. Enfin et surtout, les mesures des raies de l'hydrogène ont été reprises et ont montré que c'est une raie associée à H qui appartient à cet élément et non pas la raie H elle-même (1).

Faut-il attribuer les nouvelles raies protubérantielles au calcium? L'accord n'est point fait sur cette question. M. Hale et M. Deslandres y répondent affirmativement.

(1) MONTHLY NOTICES, *loc. cit.*, etc.

M. Young repousse cette solution ; il ne peut admettre que H et K des protubérances appartiennent au calcium, à moins que ce métal n'y existe dans des conditions absolument différentes de celles de nos expériences (1).

Sans doute il semble étrange que les vapeurs du calcium s'élèvent plus haut que l'hydrogène : cela renverse les idées reçues sur la composition de l'atmosphère solaire. Pourtant cette conséquence étonne moins quand on se rappelle le remarquable éclat des protubérances qui, lors de l'éclipse de 1882, a témoigné de l'importance du rôle que le calcium joue dans ces phénomènes. Ajoutons que les mêmes raies H et K sont très longues dans les photographies du spectre de la couronne faites pendant les éclipses de 1882, 1883, 1886, par MM. Abney et Schuster. D'après ce dernier savant, ces raies appartiennent au calcium, que les protubérances entraînent dans ces régions éloignées et qui ne redescend que très lentement au niveau de la photosphère (2). M. Hale s'empare de cette idée et y cherche un indice en faveur de l'origine commune des bandes et des raies H et K. L'absorption, qui produit les premières, serait le fait des vapeurs calciques très élevées et, très froides, relativement, tandis que, plus rapprochées de la surface solaire, ces mêmes vapeurs calciques donneraient naissance aux lignes étroites qui brillent au centre des bandes (3).

Poursuivons le relevé des résultats fournis par l'application de la photographie à l'étude des spectres protubérantiels.

Depuis longtemps déjà la photographie est appliquée à l'étude des spectres stellaires, et l'un de ses résultats les plus étonnants a été de permettre au Dr Huggins de

(1) Astronomy and Astro-Physics. January 1892. C. A. Young, *Note on the Chromosphere Spectrum*, p. 60.

(2) Philosophical Transactions, 1889, t. CLXXX, p. 328.

(3) Astronomy and Astro-Physics. January 1892. — Comptes rendus, t. CXIII, *loc. cit.*

compléter le spectre de l'hydrogène. Les recherches de laboratoire ne nous avaient fait connaître que quatre de ses radiations ; l'observation des étoiles blanches du type de Sirius vint nous en révéler dix autres situées dans l'ultra-violet. Les travaux de laboratoire furent repris, et MM. Lockyer, Vogel et Cornu retrouvèrent dans l'hydrogène incandescent successivement une, quatre et neuf de ces radiations nouvelles. Peu après la découverte de M. Huggins, M. Balmer indiqua une fonction simple des nombres entiers successifs qui représente mathématiquement cette série de quatorze radiations hydrogéniques, assimilable à une série d'harmoniques sonores.

La série des harmoniques de l'hydrogène qui, à l'état de raies noires, caractérise les étoiles blanches, est difficile à obtenir même incomplète dans le laboratoire. Or on l'a retrouvée dans les protubérances solaires, brillante, incomplète d'abord, complète ensuite, et même enrichie de raies nouvelles.

La première découverte de ce genre fut faite à Kenwood, le 23 juin 1891. — La plaque portait quatre lignes nouvelles dans l'ultra-violet ; bientôt ce nombre s'éleva à six. De ces six raies, cinq rentrent, sans conteste, dans la série de Huggins. La sixième forme un doublet très serré avec une de ces lignes hydrogéniques (α), mais son origine n'est pas encore connue. La raie α de la série stellaire ne présentant aucune apparence de dédoublement, il semble probable que la raie protubérantielle, sa voisine, n'est pas due à l'hydrogène (1).

Le 4 mai dernier, M. Deslandres photographia le spectre d'une protubérance extraordinairement intense. La plaque présente, outre un grand nombre de raies métalliques, les dix radiations ultra-violettes de l'hydrogène de M. A. Huggins, et cinq radiations nouvelles en plus, qui suivent si régulièrement les précédentes, que l'on est conduit à les rapporter aussi à l'hydrogène. L'accord entre

(1) MONTHLY NOTICES, *loc. cit.*

les nombres de vibrations mesurés par M. Deslandres et les nombres calculés par la formule de M. Balmer est extrêmement frappant. Les cinq radiations nouvelles appartiennent bien à l'hydrogène, et nos connaissances théoriques sur cet élément, que l'étude des étoiles a permis d'agrandir, sont ainsi complétées par l'étude du Soleil, qui est, il est vrai, la source de lumière la plus intense dont nous disposions. Il ressort, en outre, de tout ceci que le Soleil, qui est une étoile jaune, offre dans certaines parties de son atmosphère le rayonnement caractéristique des étoiles blanches. Résultat important, car il appuie nos idées actuelles sur l'évolution des astres (1).

Les découvertes dans la région ultra-violette du spectre solaire paraissent devoir se multiplier à l'infini. En effet, quelques jours après le beau succès de M. Deslandres, M. Hale obtenait une photographie du spectre solaire montrant dix-neuf lignes dans la partie invisible, et cela avec un objectif qui n'est pas construit en vue de la photographie et ne peut, par conséquent, donner les raies les plus réfrangibles. Que ne faut-il pas attendre du nouvel objectif photographique (12 pouces d'ouverture) qui vient d'être livré par l'habile opticien Brashear à l'Observatoire de Kenwood (2)?

Plusieurs des raies nouvelles que nous venons de signaler se montrent aussi, non moins que H et K, dans les photographies du *spectre de la chromosphère* exécutées à Chicago et à Paris; mais, chose curieuse, presque toutes les plaques de M. Hale donnent la ligne compagne de α de l'hydrogène; celle-ci ne se présente pas souvent sur celles de M. Deslandres, et le professeur Young n'a pas réussi à la découvrir avant le 20 octobre 1891 (3).

(1) Comptes rendus, t. CXIV, 25 juillet 1892.

(2) Ibid., t. CXIV, 13 juin 1892.—Astronomy and Astro-Physics, August 1892.

(3) Monthly Notices, *loc. cit.*—Astronomy and Astro-Physics, January 1892. Dans un nouvel article: *The New Spectroscope of the Halsted Observatory* (même Revue, avril 1892, p. 296) daté de novembre 1891, M. Young dit,

Nous n'ajouterons rien à ce que nous avons dit plus haut de la photographie de la *forme des protubérances* isolées. Pour obtenir, par cette méthode, la reproduction de *toutes* les flammes qui entourent le disque solaire, il eût fallu, surtout aux époques de grande activité, prendre un grand nombre de photographies. Aussi M. Hale proposait-il, dans l'*American Journal of Science* (August 1891), l'emploi d'une fente annulaire qui permettrait d'obtenir, en une seule pose, toutes les protubérances peu élevées et au moins les bases des autres. On continuerait le « tour de Soleil » en photographiant les protubérances considérables au moyen d'une fente dirigée suivant leur plus grande dimension. Toutefois le savant américain annonçait en même temps qu'il avait imaginé un autre dispositif plus parfait et beaucoup plus expéditif. Nous le rencontrerons tout à l'heure.

M. Deslandres, directeur du service spectroscopique à l'Observatoire de Paris, proposait, de son côté, le 17 août 1891 (1), la méthode suivante pour obtenir, en une fois, tout le pourtour du Soleil et, en même temps, pour enregistrer photographiquement les vitesses de déplacement des vapeurs incandescentes de l'atmosphère solaire.

Un spectroscope quelconque tourne tout d'une pièce autour d'un axe passant par le centre de l'image solaire et prolongeant l'axe optique de l'objectif. Le milieu de la fente est sur le bord solaire dont il rencontre successivement tous les points par la rotation de l'appareil. Devant la plaque photographique, on place une fente fixe qui correspond à la raie K. De plus, la plaque est mobile, de manière que, à un déplacement du milieu de la fente, corresponde un déplacement égal de la plaque. Ce résultat est

sans restriction, que de nouvelles plaques confirment *entièrement* les résultats obtenus par M. Hale et par M. Deslandres. Son nouveau spectroscope lui aurait donc permis, ce semble, de dédoubler α.

(1) COMPTES RENDUS.

assuré par de simples engrenages. Si donc le spectroscope tourne d'une manière continue avec une vitesse convenable, on obtient, sur la plaque, une bande de longueur égale à la circonférence du Soleil, qui donne toutes les protubérances avec leur forme exacte. Mais la vitesse des protubérances n'est pas fournie par ce procédé. Aussi convient-il de donner à l'appareil une série de rotations rapides, séparées par des poses de deux secondes, de manière à avoir sur la plaque, par exemple, deux cents sections équidistantes de la chromosphère sur tout le pourtour solaire. Chaque section demandant environ trois secondes, on peut avoir l'ensemble en dix minutes. Si, d'ailleurs, on remplace la plaque par un papier sensible enroulé sur des cylindres, et si le mouvement du spectroscope est rendu automatique, on obtient un appareil simple qui enregistre d'une manière continue la forme et la vitesse des masses incandescentes à la surface du Soleil.

M. Hale nous avait promis une méthode perfectionnée qui donnerait toutes les protubérances. Il la décrit dans le numéro de mai 1892 de sa revue *Astronomy and Astro-Physics*. La voici : Le centre de l'image solaire formée par l'équatorial est mis en coïncidence avec l'axe du collimateur. Tout le spectrohéliographe est alors tourné jusqu'à ce que la fente soit parallèle à l'axe du Soleil. Il s'ensuit que les ombres longitudinales, produites par les inévitables poussières qui se déposent sur la fente, donneront, sur la photographie, la direction de l'équateur. La lumière directe du disque solaire est arrêtée par un diaphragme circulaire qui couvre l'image jusqu'à la base de la chromosphère. On règle la valvule de la clepsydre; le cliché est mis en position, la plaque découverte; on ouvre alors les robinets de la clepsydre et les fentes se mettent en mouvement. En développant l'image latente par les procédés ordinaires, on trouve toutes les protubérances du pourtour solaire avec leurs formes exactes et dans leurs positions respectives. Avec un peu d'habitude, la

préparation du spectrohéliographe et la pose sont terminées en moins de deux minutes ; la première plaque obtenue, on peut prendre autant de photographies que l'on veut, à des intervalles d'environ une minute ;— telle était du moins la rapidité de manipulation obtenue en avril passé. On a fait mieux depuis lors. (Voir plus loin, p. 505.)

Quel progrès réalisé sur les méthodes visuelles! Secchi, observateur habile et exercé s'il en fut, portait à une heure environ le temps requis pour un tour de Soleil (1).

Mais la méthode de Hale ne s'applique pas seulement aux protubérances. Rien pour ainsi dire sur le disque solaire ne semble pouvoir lui échapper. Voyons, en effet, comment l'habile spectroscopiste américain fut amené à s'occuper des *facules*.

M. Young, dès 1872, avait constaté le renversement de H et K en plein disque solaire *dans la pénombre et dans le voisinage immédiat de toute tache importante* (2). M. Hale retrouva la même chose en avril 1891. Mais, absorbé qu'il était par l'étude des protubérances, il ne revint à celle du disque qu'en décembre. Plusieurs photographies du spectre d'une tache lui montrèrent les raies si nettes qu'il voulut en faire une étude très attentive. Les lignes brillantes H et K étaient plus marquées sur la pénombre que sur l'ombre et, en outre, elles s'étendaient si loin qu'on en vint à se demander si ces renversements ne se montraient pas sur des régions même assez éloignées de la tache. L'attente ne fut pas trompée. Six photographies spectrales furent prises en conservant la fente toujours parallèle à elle-même, mais en l'écartant chaque fois de 3′ de la position qu'elle avait occupée dans la position précédente. Sur chacune de ces photographies, K était renversée. Il n'est pas douteux que H ne le fût aussi partout, mais, dans quelques cas, elle était trop

(1) A. Secchi, S. J. *Le Soleil*, t. II, p. 131.
(2) American Journal of Science, Nov. 1872.

faible pour que la constatation du renversement fût certaine. Détail intéressant : K renversée était *dédoublée;* une ligne sombre la divisait en deux ainsi qu'on le voit souvent dans l'arc électrique (1).

(1) ASTRONOMY AND ASTRO-PHYSICS, May 1892. M. Deslandres a été le premier à signaler ce double renversement. Récemment, ce curieux phénomène lui a fourni des rapprochements très instructifs entre le Soleil et l'étoile temporaire du Cocher. (Voir cette REVUE, avril 1892, p.670.) Cette question sort un peu du cadre que nous nous sommes tracé ; mais elle est si intéressante, elle montre si clairement l'extrême fécondité des nouvelles méthodes, que nous ne pouvions la passer entièrement sous silence. Laissons la parole à M. Deslandres lui-même :

« Mais cette protubérance exceptionnelle (celle qui lui a révélé cinq nouvelles radiations de l'hydrogène : voir plus haut, p. 496) offre encore un autre intérêt par les rapprochements qu'elle permet avec l'étoile temporaire du Cocher. En effet, le spectre de cette étoile, dans la région de l'épreuve, est identique par la composition avec celui de la protubérance; et ce résultat appuie fortement l'explication donnée par le Dr Huggins, qui attribue l'éclat passager de l'étoile à des protubérances énormes produites par l'approche de deux corps voisins. (Voir CIEL ET TERRE, juin 1892, p. 160.)

« Le spectre de l'étoile est formé de raies groupées par deux, une raie brillante étant accolée à une raie noire, les deux raies brillante et noire offrant des renversements avec un déplacement continuel des raies renversées. Or les raies brillantes du calcium à la base de la protubérance offrent aussi un renversement. D'autre part, lorsque les protubérances, au lieu d'être au bord, se projettent sur le disque du Soleil, en se confondant avec les facules, les raies noires du calcium offrent toujours un renversement double très net, semblable à celui de la nouvelle étoile.

« Mais la similitude est plus frappante encore lorsqu'on examine, non plus un point du Soleil, mais l'ensemble du Soleil, ainsi que pour les étoiles, en recevant dans l'appareil la lumière de tous les points à la fois; le renversement double des raies se présente encore, mais moins intense, si le Soleil est riche en facules; il est proportionnel à leur éclat et à leur étendue. (Ce double renversement peut être masqué par les protubérances du bord, lorsqu'elles sont intenses. Il peut être obtenu, lorsque le Soleil est invisible, avec la lumière des nuées.) De plus, lorsque, par la rotation solaire, les facules, supposées groupées dans une même région, se rapprochent ou s'éloignent, les raies de renversement sont déplacées par rapport à l'ensemble du spectre. Ainsi, et cette propriété valait la peine d'être signalée, le Soleil offre parfois un des phénomènes de la nouvelle étoile qui a paru le plus singulier.

« Ces raies brillantes de renversement représentent l'ensemble des masses gazeuses incandescentes élevées de l'atmosphère, et leurs déplacements par rapport aux autres raies sont liés à la rotation de l'astre. Or, on les trouve dans le Soleil : donc il est naturel de les rechercher dans les étoiles; et certes, avec les grands télescopes actuels, les étoiles les plus brillantes peuvent être analysées presque aussi bien que le Soleil. L'étude de ces renversements fournira des données précieuses sur la nature et la rotation de l'atmosphère des étoiles, et permettra d'aborder des questions qui, jusqu'alors, ont paru inaccessibles. » COMPTES RENDUS, 25 juillet 1892, t. CXV, p. 224.

Il était donc reconnu que certaines régions de la surface solaire se distinguent par le renversement de K; il s'ensuit évidemment que le spectrohéliographe est capable d'en relever la forme à l'égal de celle des protubérances. Les plaques d'essai montrèrent le disque solaire parsemé de taches brillantes de contours identiques à ceux des facules susceptibles d'observation directe. Désormais donc, au lieu d'être réduits à assister, avec des regrets impuissants, à la disparition des facules dans les éblouissantes clartés du disque, peu de jours après leur passage sur le limbe, nous pourrons les étudier d'une façon continue quelque part qu'elles se trouvent sur l'hémisphère visible; car la méthode de Hale n'est pas plus malaisée à appliquer aux régions centrales qu'aux régions marginales.

Une des questions les plus intéressantes de la physique solaire est, sans contredit, celle des *relations* qui existent *entre les taches, les protubérances et les facules*. Les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris furent, il y a quelques années, le théâtre d'une longue discussion sur ce sujet entre M. Faye, le R. P. Secchi et M. Tacchini. D'après l'illustre savant français, protubérances et facules proviennent des taches et des pores; tandis que, dans la théorie de ses adversaires, les protubérances et les facules doivent expliquer les taches. Des deux côtés, toutefois, on reconnaissait que, souvent, des facules, comme d'une source, jaillissent des protubérances. Ce dernier point est entièrement confirmé par les premiers résultats de la spectroscopie photographique. Plus d'une fois, en effet, on a vu sur les plaques des facules surélevées un peu au-dessus de la limite de la photosphère. En outre, il a été constaté que les raies des facules sont les mêmes que celles des protubérances; et enfin, — comme pour témoigner qu'il n'y a point là deux genres de phénomènes parfaitement distincts, mais que le passage de la facule

à la protubérance se fait d'une façon continue, — alors que, d'ordinaire, la protubérance exige une pose plus longue que la facule, parfois des protubérances se sont peintes sur des plaques où la pose très réduite permettait de n'attendre que des facules. Les points de contact sont donc nombreux, et l'on pourrait bien ne pas être éloigné de la vérité en disant avec M. Hale que, *en général, la facule est une petite protubérance qui, outre les lignes brillantes, possède un spectre continu* (1).

A leur passage sur le limbe, ces deux classes de phénomènes se distinguent aisément; mais s'avancent-ils sur le disque, leurs caractères propres s'affaiblissent nécessairement et même disparaissent. M. Hale présente à ce propos quelques réflexions qui sont à noter. Quand le spectroscope révèle auprès des taches des régions brillantes observables à travers la raie C, on suppose, tout à fait arbitrairement, que ce sont des protubérances. Pourquoi ne seraient-ce pas des facules? On ne le dit pas. Or c'est précisément cette seconde hypothèse qui est la plus probable. Car quel criterium assigner pour distinguer les facules des protubérances? Ce ne sera certes pas le renversement de H et de K: il est commun aux deux espèces de phénomènes. Il faut donc, semble-t-il, recourir à la stabilité des formes plus grande dans les facules que dans les protubérances. Mais, dans ce cas, vu que jusqu'ici les spectres des régions centrales n'ont jamais manifesté, dans les masses lumineuses qui les émettaient, la moindre apparence de mouvement dans la direction du rayon visuel, il faudrait conclure que ces masses sont plutôt des facules que des protubérances. Celles-ci, sans doute, sont d'ordinaire d'une température trop peu élevée pour pouvoir se détacher sur le fond brillant de la fournaise solaire. — Il est à peine nécessaire de faire remarquer que, si une *protubérance suffisamment brillante* apparaissait en un

(1) Astronomy and Astro-Physics, May 1892.

point quelconque de l'hémisphère visible, le spectrohéliographe en relèverait exactement la forme, et qu'il enregistre fidèlement les contours des régions observables dans la raie C que nous avons signalées à l'instant (1).

La *forme des facules* présente une particularité curieuse. Sur 49 plaques utilisables, on a remarqué 245 facules en forme d'arc de courbe plus ou moins simple. La spirale n'est pas rare, mais, dans la grande majorité des cas, l'apparence générale est celle d'un 3 dont l'ouverture est plus souvent vers l'Est que vers l'Ouest. 98 de ces arcs de courbe se terminent par une tête circulaire brillante.

Au sujet de l'*étendue occupée par les facules*, la photographie nous apporte une révélation. Jusqu'ici on se représentait ces accidents comme couvrant une surface d'une grandeur comparable à celle des taches. La réalité est tout autre. Au point de vue de la taille et de l'aire totale occupée, les taches ne sont rien à côté des facules. Ces dernières sont d'ailleurs uniformément réparties sur tout le disque solaire.

Le point intéressant de la méthode de M. Hale, c'est qu'elle est capable de nous fournir *sur une même plaque et dans un temps extrêmement court une image absolument complète de tous les accidents de l'hémisphère solaire visible :* protubérances visibles et invisibles du limbe, protubérances brillantes projetées sur le disque, taches, et facules marginales et centrales. Une seule pose ne peut évidemment suffire, car les facules sont notablement plus actiniques que les protubérances, ainsi que nous l'avons déjà dit; mais les deux poses requises se confondent en une seule opération des plus simples qu'il convient d'esquisser en deux mots. Le diaphragme étant placé, comme d'habitude, sous l'image solaire au foyer de l'équatorial, les fentes traversent le champ à la vitesse convenable

(1) Ce cas semble s'être présenté le 15 juillet passé. ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS, August 1892. G. E. Hale. *A Remarkable Solar Disturbance*, p. 611.

pour l'impression des protubérances. C'est la première pose. On enlève le diaphragme, et les fentes reviennent sur leurs pas avec un mouvement beaucoup plus rapide; c'est la pose des facules et des taches. Toute l'opération est achevée en moins d'une minute (1).

Désormais les lacunes seront rares dans les relevés journaliers des protubérances. La moindre éclaircie suffira pour que Chicago et Paris en puissent prendre la photographie. De plus, l'histoire des orages subits et éphémères, si fréquents dans l'atmosphère solaire, va s'enrichir de documents complets et d'une exactitude absolue. Nous avons vu plus haut la méthode employée par M. Deslandres dans ces occasions. Quant à M. Hale, aux premiers indices d'une perturbation extraordinaire, il abandonne à son assistant l'observation oculaire à l'équatorial de 4 pouces avec un petit spectroscope à réseau et ne s'occupe que de prendre cliché sur cliché, de façon à enregistrer toutes les phases du phénomène (1).

Terminons par la liste des travaux photographiques exécutés journellement à l'Observatoire de Kenwood :

1. Photographies du Soleil au moyen d'un objectif photographique (agrandissement direct); pour l'étude des taches et de la granulation. Diamètre de l'image : de 10 à 16 pouces.

2. Photographies du Soleil au moyen du spectrohéliographe ; pour l'étude des facules et des protubérances brillantes projetées sur le disque. Diamètre de l'image : 2 pouces. Ces plaques montrent aussi les taches.

3. Photographies du Soleil au moyen du spectrohéliographe ; pour l'étude de la chromosphère et des protubérances du limbe. Diamètre de l'image : 2 pouces.

4. Photographies des spectres des taches et des facules

(1) Astronomy and Astro-Physics, August 1892.—La note est accompagnée de deux planches. Les photographies obtenues y sont reproduites par la photogravure. Malheureusement il a été impossible de conserver la netteté et la finesse des détails des négatifs originaux.

au moyen du réseau à 14438 lignes ; pour l'étude de la torsion, du renversement et de l'élargissement des raies.

5. Photographies des spectres de la chromosphère et des protubérances avec le même réseau ; pour l'étude du renversement et de la torsion des raies (1).

Certes, c'est à bon droit que M. Hale et M. Deslandres espèrent pénétrer bien plus avant qu'on n'a pu le faire jusqu'à ce jour dans les mystères de l'activité solaire. La transformation qui, grâce à leurs travaux, s'opère dans cette branche de l'Astrophysique est comparable à celle qu'a subie la Météorologie du jour où les observations isolées ont fait place à l'enregistrement continu de toutes les modifications atmosphériques. Avec des documents aussi complets, aussi exacts que ceux que nous venons de décrire, et que l'ardeur des savants va accumuler à l'envi, il n'est pas douteux que la période d'activité maximum dans laquelle nous sommes entrés ne se terminera pas sans que nos connaissances sur l'astre central de notre système et sur son influence sur notre monde sublunaire (2) n'aient fait des progrès énormes, aussi considérables peut-être que ceux qui ont été réalisés depuis la naissance de la spectroscopie.

J. D. Lucas, S. J.

(1) Astronomy and Astro-Physics, May 1892.

(2) On pourra, notamment, mieux définir les relations de l'activité solaire et du magnétisme du globe. Voir cette Revue, avril 1892, pp. 675 et suiv. — Il serait très intéressant, par exemple, de savoir si la forte éruption solaire observée à Kenwood Observatory le 15 juillet passé a été accompagnée ou suivie de près par une perturbation magnétique terrestre.

L'ŒUVRE GÉOGRAPHIQUE

DE MERCATOR (1)

L'attention du public savant vient d'être attirée de nouveau sur l'œuvre de Gérard Mercator. Ses cartes d'Europe et des Iles Britanniques et un exemplaire de sa grande mappemonde ont été découverts en 1889, à la Bibliothèque municipale de Breslau. M. le Dr Alphonse Heyer les a exhumés d'un carton dont les pièces n'avaient pas encore été inventoriées.

Ces trésors classiques de la cartographie du XVIe siècle ne pouvaient pas rester enfouis: il fallait qu'une bonne reproduction en assurât la conservation et en facilitât l'étude.

(1) Auteurs consultés: Les diverses œuvres de Mercator; — *Vita Gerardi Mercatoris a* GUALTERO GHYMMIO *conscripta ;* — Dr J. VAN RAEMDONCK : *a) Gérard Mercator, sa vie et ses œuvres.* Saint-Nicolas, 1869, in-8°; — *b)* Publications nombreuses parues dans les *Annales du Cercle archéologique du Pays de Waas*, de 1868 à 1891, et dans le *Messager des sciences historiques*, Gand, 1880; — J. LELEWEL, *Géographie du moyen âge.* Bruxelles, 1852, 4 t., et un volume épilogue, in-8° avec cartes et un atlas ; — BREUSING. *Notice sur Gerhard Mercator (Kremer).* — ALLGEMEINE DEUTSCHE BIOGRAPHIE, 21 Band. Leipzig, von Duncker, 1885, pp. 385-397; — M. FIORINI : *a) Gerardo Mercatore e le sue carte geografiche; — b) I globi di Gerardo Mercatore in Italia.* BOLLETTINO DELLA SOCIETA GEOGRAFICA ITALIANA (Roma), 1890, pp. 94-110; — 183-196; — 243-256; — 340-380; — 550-556; — Reproduction partielle sous le titre: *Un Opuscolo di Gerardo Mercatore conservato in Venezia, dal Prof. Cav. Ferdinando Jacoli.* ANNUARIO ASTRO-METEOROLOGICO CON EFFEMERIDI NAU-

Ainsi le comprirent la Société de géographie de Berlin et le Cercle archéologique du Pays de Waas (Saint-Nicolas, Belgique). Celui-ci avait fait des démarches couronnées de succès auprès du gouvernement belge pour obtenir, aux frais de l'État, la reproduction phototypique en grandeur naturelle de ces documents. Mais la Société berlinoise se décida à faire exécuter elle-même ce travail.

A la suite d'arrangements pris avec le conseil municipal de Breslau et la direction de l'imprimerie impériale, les cartes furent expédiées dans la capitale allemande. Les ravages causés par le temps et par des mains maladroites firent craindre un instant pour le succès final de l'entreprise. L'habileté et les efforts de M. le professeur Roese, directeur de la section chalcographique de l'imprimerie impériale, triomphèrent de toutes les difficultés.

La Société de géographie de Berlin a fait les choses

TICHE PER L'ANNO 1891. Venezia, 1890, in-8°. pp. 104-109 ; — G. BUONANNO, *I due rarissimi globi di Mercatore nella biblioteca governativa di Cremona.* Cremona, 1890; — Alfons Heyer (Breslau), *Drei Mercator-Karten in der Breslauer Stadt-Bibliothek.* ZEITSCHRIFT FÜR WISSENSCHAFTLICHE GEOGRAPHIE... Weimar, 1890, pp. 379-389; — 474-487, et 2 croquis; — 507-528; — *Drei Karten von Gerhard Mercator. — Europa—Britische Inseln — Weltkarte.* — Facsimile — Lichdruck nach den Originalen der Stadtbibliotek zu Breslau, hergestellt von der Reichsdruckerei. — Herausgegeben von der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. — 41 Tafeln.— London, E. C. Sampson Low and C°; — Berlin, W. s. W., H. Kühl; — Paris, H. Le Soudier, 1891, in-f°. Il est regrettable que le prix élevé (68 marcs) de cette belle publication, tirée à 220 exemplaires, la rende si peu abordable.

Nous sommes heureux de présenter l'expression de notre gratitude à tous ceux qui nous ont aidé dans l'élaboration de ce travail, soit par l'hommage de leurs publications ou d'une œuvre reproduite de Mercator, soit par les conseils ou les nombreux renseignements qu'ils nous ont fait l'honneur de nous prodiguer : l'administration communale d'Anvers, la Société de géographie américaine de New-York, la Société impériale des amateurs d'anciens textes russes à Saint-Pétersbourg, les administrations du British Museum, de la Bibliothèque royale à Bruxelles, et de la Bibliothèque de l'université de Gand, MM. Buonanno, capitaine Dejardin, Fiorini, Hessels, Heyer, Ferdinando Jacoli, G. Marcel, Max Rooses, Petit, Van Naemen, Van Raemdonck, lieutenant général Wauwermans, etc.

Comme nous avons en préparation une bio-bibliographie *détaillée* de Gérard Mercator, de Corneille Wytfliet et de Chrétien Sgrooten, géographe du roi d'Espagne Philippe II, de Jacques De Deventer et les van Langren, nous osons faire appel à tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de la géographie et au passé de ces cinq savants.

grandement. La publication est luxueuse, le travail artistique. Chaque carte a été divisée en un certain nombre de segments ou de planches, et chaque série de planches placée dans une chemise au recto de laquelle se trouve le titre de la carte, l'année de la publication, le nombre de segments et un petit tableau d'assemblage. Les planches de l'*Europa*, des *Britische Inseln* et de la *Weltkarte* mesurent respectivement $0^m,43 \times 0,31$; $0^m,45 \times 0,325$; $0^m,44 \times 0,39$. Le tout est précédé d'une courte introduction.

Cette publication vient ajouter un nouveau lustre à la gloire de Mercator, et combler un vide dans sa biographie. Quoique les grandes lignes de cette biographie soient connues, il peut être intéressant de la reprendre, et de montrer, à la lumière des plus récents documents, les remarquables progrès dont la science géographique est redevable à cet esprit aussi éminent que modeste.

Gérard Mercator (1), de son vrai nom De Cremer, est né à Rupelmonde, le 5 mai 1512, chez son grand-oncle Gisbert De Cremer, curé de l'hospice Saint-Jean, le seul membre de la famille qui eût quelques ressources.

Le père de Gérard, Hubert De Cremer, exerçait la profession de cordonnier; sa position était modeste, presque voisine de la pauvreté. Ce fut le curé Gisbert qui fit les frais de l'éducation des enfants. Le jeune Mercator fréquenta l'école du magister de la commune. Plus tard son

(1) La nationalité de Mercator a suscité une polémique assez vive, où nous ne voulons pas prendre position en ce moment, entre MM. les docteurs Van Raemdonck, de Saint-Nicolas, et Breusing, directeur de l'école de navigation de Brême. Pour le premier de ces auteurs le géographe est flamand ; il est allemand pour le second.

Les écrivains ne sont pas plus d'accord sur la confession religieuse à laquelle appartint Mercator. Van Raemdonck le croit catholique, Breusing, Ghymmius et Possevinus (*Bibliotheca selecta*.... Coloniae Agrippinae... MDCVII, t. II, pp. 255 et 261), le tiennent pour luthérien. Quelles que fussent ses opinions religieuses, c'était un honnête homme. Dans une lettre à André Masius, de 1565, Cassander (cfr *G. Cassander Belgae theologi... opera*.... Parisiis.... H. Drovart, M.D.C.XVI) le dit un type de probité : *Vir longe integerrimus.*

grand-oncle l'initia aux éléments de la langue latine. Comme le jeune homme montrait de sérieuses qualités d'esprit, il fut envoyé, en 1527, au collège de Bois-le-Duc. Son séjour n'y fut que de trois ans et demi. Épris d'un vif amour pour la science, il obtint de son bienfaiteur, qui ne tint compte ni des sacrifices à faire, ni des privations probables à subir, la faveur de suivre les cours de l'université de Louvain, fondée en 1425. Sur la présentation d'un certificat d'indigence, Mercator fut inscrit, le 29 août 1530, au *Liber Immatriculationum* (1), parmi les élèves pauvres de la pédagogie du *Château,* ou de la Faculté des arts.

A part cette inscription, il n'existe pas de trace de Mercator dans les archives de l'*Alma mater.* Comme les cours de la Faculté des arts étaient de deux ans, on peut supposer que l'étudiant prit le grade de licencié ou de maître ès arts en octobre 1532. Après avoir passé quelques semaines dans sa famille, le jeune savant alla se fixer dans la ville académique et devint bourgeois de Louvain.

On ne signale rien de saillant dans l'existence de Mercator de 1532 à 1536. Il puisait ses moyens d'existence dans les largesses de son grand-oncle et dans la fabrication d'instruments de mathématiques. Ce travail ayant amélioré sa position, il épousa à Louvain, le 3 août 1536, Barbe Schellekens, dont il eut, du 31 août 1537 jusqu'en 1542, à ce que l'on présume, trois fils et trois filles. Pour assurer l'avenir de sa famille et satisfaire à un penchant naturel, Mercator se mit à construire des cartes géographiques; on a même la preuve, par des documents de 1541 et de 1543, qu'il s'occupa de lever le plan ou de dresser la carte des propriétés des particuliers.

Venu à Rupelmonde en février 1543 (1544 N. S.) pour recueillir la succession de son grand-oncle, le géographe, soupçonné de participation aux doctrines de la

(1) Conservé aux Archives générales du royaume à Bruxelles.

Réforme, fut renfermé dans la forteresse. Malgré les démarches les plus pressantes et les certificats les plus favorables, le procès fut minutieusement instruit. Mais à défaut de preuves de culpabilité, Mercator fut élargi, probablement vers la fin de 1544.

Sans rien perdre de son courage, il se remit au travail. En 1552, il quitta Louvain pour aller s'établir à Duisbourg dans le duché de Clèves, sur le bas Rhin; on ne sait si ce fut uniquement par dégoût pour la triste situation de son pays, ou par le désir d'obtenir une chaire de professeur à l'université dont Guillaume IV, duc de Juliers, de Clèves et de Berg, avait projeté l'érection dans cette ville. Quoi qu'il en soit, l'université ne fut pas créée du vivant de Mercator, mais seulement en 1618. En revanche, un vaste *Gymnasium*, école préparatoire aux études supérieures, fut fondé en 1559. L'illustre émigré prit une part active à son organisation et à sa prospérité. Ce fut probablement pour reconnaître ces généreux services et rendre hommage à sa science que le duc de Clèves le nomma son cosmographe. Il est impossible de déterminer avec exactitude la date de cette nomination. La préface de sa chronologie permet d'affirmer qu'elle est antérieure au 17 août 1568; M. Van Raemdonck la fixe à l'année 1563.

Mercator, qui continuait à mener une vie toute de travail intellectuel intense, perdit sa femme le 24 août 1586. Il se remaria, quelques mois après, à Gertrude Virlings, veuve d'Ambroise Moer, ancien bourgmestre de Duisbourg.

Le 5 mai 1590, le géographe fut frappé d'apoplexie et paralysé de tout le côté gauche. Remis de cette grave atteinte, mais resté perclus, il voulut néanmoins reprendre ses travaux, mais son organisme était désormais incapable de pareilles fatigues. Survint une seconde attaque, qui emporta Mercator le 2 décembre 1594, à l'âge de 83 ans.

Rumold Mercator continua les affaires de son père à Duisbourg et hérita de toutes les planches de cuivre ser-

vant au tirage des cartes et des fuseaux des sphères .Il mourut en 1600, laissant des enfants mineurs. Le 18 mars 1604, les planches de cuivre furent vendues à Gérard Mercator, petit-fils du grand géographe ; elles passèrent, sans doute la même année, à Josse Hondius, graveur et éditeur de cartes géographiques à Amsterdam.

Maintenant que nous connaissons les diverses phases de cette existence qui a soutenu la lutte pour la vie, voyons les œuvres qui ont caractérisé le talent de Mercator et qui marquent les étapes de sa carrière scientifique.

Nous avons dit qu'en 1532 Mercator obtint le brevet de maître ès arts et s'établit à Louvain. Les problèmes de la philosophie naturelle l'attiraient; non qu'il cherchât la discussion et la controverse, si en honneur à cette époque, mais il lui répugnait de se soumettre sans contrôle à n'importe quel corps de doctrines établies. Quoique formé à l'école d'Aristote et imbu de ses idées, il se mit à comparer sa cosmogonie avec le récit de la Genèse. Que de divergences il constata! Sans hésitation et malgré ses vingt-deux ans, il fit table rase des opinions du philosophe et s'efforça de pénétrer lui-même les mystères de la nature et de concilier la Bible avec la science. L'audace était grande; elle lui valut des ennuis. Pour s'y soustraire et persévérer dans ses études, Mercator se retira quelque temps à Anvers. Il en revint, probablement vers 1534, armé d'un système qui satisfaisait sa foi et sa raison. Toutefois il usa de prudence et ne publia pas son œuvre, qu'il laissa mûrir et retoucha jusqu'à la fin de ses jours.

Ce travail ne parut qu'après sa mort, avec la troisième partie de son *Atlas* (1595) et dans toutes les éditions suivantes, jusqu'en 1633. Il a pour titre : *De mundi creatione ac fabrica*. Il est divisé en vingt-deux chapitres; les trois premiers, intitulés *Prolegomenon Fabricae mundi*, sont un véritable hymne à la Divinité; dans les dix-neuf suivants, *Fabricae mundi caput I-XIX*, est exposée la créa-

tion du monde en six jours. Examiné au point de vue des idées du XVIe siècle, ce travail semble avoir de la valeur, mais il serait curieux de le rapprocher, par exemple, des pages qu'a publiées dans la *Revue des questions scientifiques* l'un de ses plus sympathiques collaborateurs, Jean d'Estienne (1).

Mercator venait de s'occuper de philosophie pendant deux ans. Par malheur, elle ne lui avait rapporté que tracas et sarcasmes, et ne l'avait point soustrait à l'obligation de recourir aux largesses de son grand-oncle. Cette situation était peu tolérable ; il fallait trouver une carrière plus lucrative. C'est alors que fut entreprise la fabrication d'instruments de mathématiques ; l'esprit du moins n'allait pas être entièrement sacrifié au travail manuel. Pour faire œuvre sérieuse, Mercator étudia les mathématiques avec la plus grande ardeur. Sous la haute direction de Gemma Frisius, ses progrès furent rapides. Après quelques années, dit Ghymmius, il construisait des sphères, des astrolabes, des anneaux astronomiques en cuivre, etc., et il tenait de la Faculté des arts l'autorisation de donner des leçons particulières à quelques étudiants. Mais ce n'était pas encore là que Mercator devait trouver la fortune et la gloire.

Tout en travaillant et en gravant le cuivre, il s'appliquait à l'étude de la géographie. Il y était porté d'instinct, car elle est, sous une forme moins élevée que la cosmogonie, une étude, une analyse de la nature.

Quel était l'état de la science géographique lorsque Mercator en aborda l'étude? Au moyen âge, les expéditions maritimes et le cabotage avaient fait reconnaître les erreurs de Ptolémée ; des cartes nautiques avaient été dressées qui marquaient un réel progrès. Quant aux cartes continentales, nous allions dire topographiques, si elles témoignaient d'un travail moins précis, elles étaient cependant établies sur une base sérieuse. Malheureusement la

(1) Cfr REV. DES QUEST. SCIENT., t. I et II, année 1887. *Comment s'est formé l'Univers ?*

Renaissance, en ressuscitant la vogue de Ptolémée, vint jeter une perturbation complète dans la géographie, entraînant pour longtemps la cartographie dans la voie du recul et de l'erreur (1).

Au déclin de l'empire de Byzance, les savants de l'Orient avaient apporté au monde latin le tribut de leur savoir. Comme géographe, ils n'avaient que Ptolémée.

La masse du peuple et même des érudits ignorant le grec, on traduisit cet auteur en latin. Dès 1405, les traductions, manuscrites d'abord, et plus tard imprimées, se répandirent en grand nombre. Puis insensiblement l'infiltration du maître s'opéra dans les conceptions géographiques du moyen âge. L'autorité nautique des pilotes et les mappemondes des cosmographes parurent insuffisantes et suspectes. Les systèmes de projections et les positions géographiques fournies par Ptolémée lui donnaient une supériorité et une apparence de perfection inconnue des cosmographes latins.

Son horizon fut donc adopté. Alors que se présente-t-il? Les explorations d'un Marco Polo (Asie, XIIIe siècle), et les conquêtes maritimes d'un Vasco de Gama (Afrique) et d'un Christophe Colomb (Amérique) font connaître des terres ignorées de l'antiquité; c'est un premier et radical changement à faire à l'œuvre du géographe d'Alexandrie. Mais voici venir de plus grandes déceptions. Avec le développement du commerce et de la navigation, augmentent aussi les récits des témoins oculaires des pays tant nouveaux que connus des anciens.

D'un autre côté, le rôle des cartes hydrographiques est devenu nul, car toute l'attention s'est portée vers l'intérieur des terres. En d'autres termes, de nautique qu'elle est, la géographie devient continentale. Au XVIe siècle, chaque État, chaque pays, chaque province, en Europe, a ses topographes, chorographes, géomètres, géographes,

(1) LELEWEL, *loc. cit.*, t. II, p. 119.

qui relèvent les nombreuses distances, les coordonnent, et composent ou rectifient les cartes de leur pays. Les cosmographes combinent ces éléments, comme ceux fournis par les voyageurs contemporains, avec les données de l'antiquité, et en font un ensemble qu'ils enchâssent dans le cadre ptoléméen. Insensiblement, grâce à cette opération, les erreurs du géographe d'Alexandrie sautent aux yeux et on revient d'un engouement dont les conséquences ont été si malheureuses.

Que va faire Mercator? Se prononcer sans réserve pour les portulans et la géographie du moyen âge, ou rompre avec l'antiquité pour substituer d'un coup à l'ancien édifice un nouveau où chaque partie occupera une place correspondante à celle que lui assigne la nature ?

Le géographe nous trace lui-même, dans la légende de sa mappemonde de 1569, *De vero Gangis et Aureae Chersonesi situ*, la marche qu'il convient de suivre. « Les notions qui sont le fruit d'une longue étude n'arrivent à notre entière connaissance que par degrés. A cet effet il faut écarter les erreurs manifestes et réserver les données probables jusqu'à ce que l'expérience et le raisonnement en s'harmonisant fassent éclater aux yeux la vérité objective. Telle est la science géographique. Si nous voulons à tout propos et à la légère transposer, changer ou intervertir les découvertes des anciens, non seulement nous ne lui ferons faire aucun progrès, mais pour avoir corrigé une erreur, nous altérerons cent faits acquis. Il y aura d'ailleurs une telle confusion de pays et de noms que la situation générale des contrées et leurs dénominations respectives seront entièrement bouleversées » (1).

Cette ligne de conduite — en est-il de meilleure? — fut observée par Mercator. Pour ne pas faire un saut dans

(1) « Ea quae longa experientia discuntur, si ad perfectam veritatis cognitionem progredi, non autem falsitate obscurari debeant, sic instituenda sunt ut, castigatis quae per manifestas rationes falsa sunt, probabilia retineantur, donec experientiae et ratiocinationes omnes inter se consentaneae res ipsas in sua veritate ob oculos ponant. Talis est geographia, quam, si volumus

les ténèbres, il s'attacha à la géographie de Ptolémée. Toutefois, malgré son admiration pour lui, il n'était pas homme à subir son autorité sans contrôle. Ptolémée fut passé au crible comme Aristote.

La géographie est une science exacte ; sa base est un tissu serré de latitudes et de longitudes. Pour rejeter la doctrine du maître, il fallait des observations astronomiques nouvelles qui fussent en contradiction avec les siennes, et des résultats précis d'explorations terrestres et maritimes. Ce sera donc avec prudence que Mercator se soustraira à l'autorité du savant grec. Il le soumettra à une critique très approfondie, apportera des corrections précises aux théories généralement admises et jettera les fondements de nouvelles et importantes doctrines. Leur sage application lui vaudra l'honneur de devenir le réformateur de la science géographique et d'être appelé le Ptolémée de son siècle.

A une époque où la Bible était discutée et commentée jusque dans les plus petits villages, bon nombre de cartographes, désireux de verser quelque lumière sur les idées de leurs contemporains, croyaient utile ou nécessaire de signaler leurs débuts par une chorographie de la Palestine. Il en fut ainsi de Mercator. Son travail fut hautement loué et décida de son avenir. Nous le verrons bientôt à la tête d'un véritable institut cartographique où se fera le dessin, la gravure, l'impression, l'enluminure et parfois même le levé des cartes géographiques.

Quoiqu'on ne connaisse guère les libraires avec lesquels il était en relations d'affaires, on peut cependant affirmer que l'institut fut prospère et écoula de nombreux produits.

veterum inventa temere quavis occasione transponere, commutare aut invertere, non modo non perficiemus, sed pro unius erroris emendatione centum veritates depravabimus, et confusissimam tandem terrarum et nominum congeriem faciemus in qua nec regiones suis locis nec nomina suis regionibus reponantur. »

On sait par exemple que plusieurs paires de sphères ont été fournies au docteur Camerarius et vendues par lui à la foire de Francfort.

Mais la preuve la plus convaincante qu'on ait pour le moment de cette vogue, est fournie par les registres de comptabilité, partiellement égarés, du Musée Plantin-Moretus, à Anvers. De 1558 à 1597, ils accusent livraison à Plantin, pour la vente en détail, d'au moins 1475 pièces (cartes, globes, etc.). Ce chiffre serait plus élevé s'il ne s'était pas trouvé dans les Pays-Bas et à l'étranger des éditeurs malhonnêtes qui publièrent des réductions ou des reproductions des cartes mercatoriennes, en les modifiant légèrement et en supprimant le nom de l'auteur.

La Chorographie de la Terre Sainte parut à Louvain en 1537. D'après un manuscrit de Paquot (1), son titre est : *Amplissima Terrae Sanctae descriptio.* Masius (2) et Ortélius (3) la signalent respectivement par ces mots : *Chorographia Sanctae Terrae* et *Palaestinae, sive Terrae Sanctae* (descriptio).

Mercator n'avait pas fait le pèlerinage de la Terre-Sainte ; il a donc travaillé d'après l'œuvre d'un cartographe inconnu. Jusqu'à ce jour on n'a retrouvé ni la carte, ni le modèle. Riccicoli dit que la Palestine était une *magna tabula.*

Encouragé par le succès, Mercator composa et publia en 1538 une mappemonde sans titre. M. Van Raemdonck l'appelle *Orbis imago* (4).

Ni Ghymmius dans sa biographie, ni Mercator et

(1) *Matériaux pour servir à l'histoire littéraire des Pays-Bas*, 4 vol., ms 17630. Bibl. roy. à Bruxelles, t. I, p. 630.

(2) Lettre à Georges Cassender, dans " Sylloges Epistolarum a viris illustribus scriptarum tomi quinque, collecti et digesti per Petrum Burmannum. " Leidae... 1727, t. II, lettre LVI, p. 284.

(3) *Theatrum orbis terrarum.* Catalogus auctorum.

(4) Voici le texte de la reproduction de la carte : *Photolithographed Copy of Gerard Mercator's Mapamundi of 1538* from an original. Engraving in the library of the American Geographical Society.

les auteurs contemporains dans leurs écrits, ne font mention de cette carte, qui a eu du succès, car en 1567 elle était encore fournie à la firme Plantin.

Le seul spécimen connu est conservé à la bibliothèque de la Société de géographie de New-York ; il est intercalé dans les feuillets d'un exemplaire du *Ptolémée* édité par Mercator en 1578. C'est M. James Carson Brevoort qui en a signalé l'existence (1). Malheureusement il a souffert. Les lettres du nom de Mercator sauf M et r final, imprimées en caractères italiques, manquent par suite du fréquent pliage de la carte, et le texte de la légende *Lectori S.*, ainsi que le tracé de quelques îles de l'océan Indien, entre autres Madagascar, ont subi les injures du temps.

Dès 1879, M. Van Raemdonck fit des instances pour que la Société new-yorkaise fît reproduire la carte. Cela fut fait dans le *Bulletin of the American Geographical Society*, New-York, 1879, mais à une échelle insuffisante pour l'étude sérieuse du document. Ce n'est qu'en 1885 que parut une reproduction phototypique à grandeur de l'original. Celui-ci et la reproduction mesurent $0^m,485 \times 0,305$ et $0^m,513 \times 0,33$.

La mappemonde de 1538 est différente de celle de l'*Atlas*. On connaît deux contrefaçons, éditées à Rome au XVIe siècle (sans date ni nom d'auteur), par Antoine Lafreri et Antoine Salamanca. Il existe un exemplaire de la dernière à la bibliothèque Saint-Marc à Venise et à la bibliothèque municipale à Breslau, et un exemplaire de la première dans la bibliothèque du Dr G. Marinelli, professeur à l'université de Padoue, à la bibliothèque des archives de l'État à Turin, à la bibliothèque du Cercle archéologique du Pays de Waas, à Saint-Nicolas (Belgique). La Bibliothèque Victor Emmanuel à Rome possède trois exemplaires de la reproduction Lafreri.

(1) *Bulletin of the American Geographical Society*. New-York, 1878, n° 4, pp. 195-196.

M. le professeur baron Nordenskiöld s'occupe de la carte de Salamanca dans son *Facsimile Atlas.*

L'*Orbis imago* est d'un cartographe de marque, qui avait compris que la surface du globe devait être développée sur un plan, non d'après le caprice, mais d'après des principes mathématiques bien établis.

La projection cordiforme *double* a été choisie à cette fin. Dans le tracé fondamental de la projection cordiforme *simple,* ou équivalente, les parallèles de latitude sont représentés par des cercles concentriques au pôle nord et équidistants. Si l'on divise ces parallèles d'après leur rapport avec un grand cercle de la sphère, et qu'on relie les points de division par des lignes, on forme les méridiens (1). La silhouette ainsi obtenue rappelle vaguement celle d'un cœur humain. D'où le nom de projection cordiforme.

MM. Breusing et Heyer l'attribuent à Stabius, M. Fiorini à Werner, M. Van Raemdonck à Bernard Sylvanus, d'Éboli, qui l'appliqua à sa *Tabula Ptolemaei universalis reformata* (1511).

En 1531, Oronce Finé, savant médecin français, modifia ou mieux perfectionna le tracé de Sylvanus dans sa *Nova et integra universi orbis descriptio.* Au lieu de projeter toute la surface terrestre sur un seul réseau cordiforme, où les parallèles sont décrits exclusivement du pôle nord comme centre, il établit deux canevas identiques, dont les parallèles sont décrits respectivement des pôles nord et sud. Ces canevas sont tangents au point de leurs équateurs correspondant au 90° long., point traversé par leur méridien *moyen* commun. L'ensemble a la forme de deux cœurs soudés à la base.

Mercator est le premier auteur qui ait fait l'application de la projection de Finé. Sa mappemonde a tant de ressemblance avec celle du géographe français qu'on peut

(1) Breusing. *Gerhard Kremer gen. Mercator der deutsche Geograph.* 1869, pp. 45 et 47.

affirmer que la seconde a servi de modèle à la première. Préparation et tangence des hémisphères, échelonnage des méridiens et des parallèles, méridien moyen et premier méridien, tout cela est identique. Il n'y a que la géographie politique et physique où Mercator ait mis sa touche personnelle.

Le canevas établi, il fallait y marquer la position des lieux. Quel procédé suivit Mercator? Il détermina les longitudes et latitudes par induction, en se basant généralement sur les données fournies par Ptolémée.

L'*Orbis imago* a été dessinée d'après des emprunts faits à plusieurs auteurs, mais surtout au géographe d'Alexandrie pour l'antiquité, et pour les temps modernes à Marco Polo, voyageur du XIIIe siècle, Christophe Colomb, Améric Vespuce, Cabot et Cortereal.

Parcourons rapidement la mappemonde.

Le premier méridien passe par les Iles Fortunées ou Canaries que l'auteur place par 23°28′ lat. N. environ. C'est un progrès sensible, car Ptolémée les groupe entre 10°30′ et 16° lat. N.

Le pôle austral occupe la partie droite, le pôle septentrional le côté gauche de la carte.

Au-dessus et au-dessous du point de tangence des deux canevas cordiformes est un grand blanc où Mercator inscrivit dans des cartouches deux légendes. Près du bord inférieur de la mappemonde la dédicace : « Joanni Drosio suo Gerardus M.....r Rupelmudanus *(sic)* dedicabat. » Au bord opposé cet avis au lecteur : « Lectori S. Quam hic vides orbis imaginem lector candide eam ut posteriorem, ita et emendatiorem iis quae hactenus circumferebantur esse America, Sarmatiaque ac India testantur. Proposuimus autem partitionem orbis in genere tantum, quam deinceps in particularibus aliquot regionibus latius tractabimus, atque adeo in Europa id jam facimus, quam brevi non minorem universali illa Ptolemaei exspectato. Vale 1538. »

Au XVIe siècle, on est encore dans l'ignorance de la topographie des régions polaires. Le continent austral est représenté par une étendue immense, dont Mercator confesse ne pas connaître la superficie. « Terras hic esse certum est, dit-il dans une légende, sed quantas quibusque limitibus finitas, incertum. » Pour les terres arctiques, il se demandait s'il existe un chemin de passage d'Angleterre au Cathai (ancienne Chine septentrionale) par l'orient et par l'occident, à travers la mer Glaciale. En 1538, quoique la question semblât tranchée en sens contraire par les cartographes du XVIe siècle, il croyait cette voie de communication ouverte par l'occident seulement. Voilà comment l'Asie fait corps avec les contrées circompolaires et est séparée de l'Amérique du Nord par le *fretum arcticum*.

Le continent asiatique est généralement ptolémaïque. Au delà de 180° long., la carte est complétée par les récits de Marco Polo, de l'Arménien Haiton et de Guillaume de Tripoli.

La partie septentrionale de l'Afrique, seule connue de l'antiquité, est calquée sur la conception du géographe d'Alexandrie. On a de lui notamment tout le cours du Nil, depuis sa source jusqu'à son embouchure. Les Montagnes de la Lune, source des deux lacs qui alimentent les eaux du grand fleuve, et ces lacs eux-mêmes occupent les mêmes positions astronomiques que chez Ptolémée. Le cadre ptoléméen avait pour limite méridionale la partie du promontoire Prason (Prassum) située par 15° 30' lat (1). Toute l'Afrique du Sud est empruntée aux itinéraires de Vasco de Gama et de Ludovico de Verthema, et aux mappemondes d'Oronce Finé et de Martin Waldseemüller.

L'Europe s'inspire de Ptolémée.

(1) D'AVEZAC. *Bulletin de la Société de géographie de Paris*, 1860, p. 408, note 2.

L'Amérique, découverte depuis 46 ans, n'a qu'une physionomie modeste. Il convient de reconnaître cependant que si la carte ne donne que peu de détails topographiques, en revanche l'image est assez correcte.

Les deux premières cartes de Mercator avaient été des coups de maître. Sa renommée alla grandissant. Bientôt les marchands flamands le pressèrent de faire paraître une description de la Flandre. Après mûres réflexions, le géographe donna suite à leur désir.

Vlaenderen. Exactissima (Flandriae descriptio), tel est le titre de la grande carte publiée à Louvain, en 1540.

Elle est composée de quatre feuilles et mesure à l'intérieur du cadre $1^{m},10 \times 0,806$. Quelques cartouches ornent la carte : le privilège impérial non daté, la dédicace à Charles-Quint, une échelle des milles flamands, la signature : *Gerardus Mercator Rupelmundanus faciebat*, etc. La carte est illustrée. Dans les bords inférieur et supérieur du cadre, par exemple, sont des médaillons avec les noms des trois forestiers, et des trente et un comtes et comtesses qui ont régné sur la Flandre; dans les côtés verticaux se trouvent les armoiries de vingt-six villes, accolées aux bannières de cinquante-quatre centres habités qui les avaient pour signe distinctif à la guerre. Blottis dans les angles de la carte, quatre ours debout, portant les bannières et les blasons des baronnies de Boelers, Pamele, Heyne et Cysoing.

Mercator a tracé la Flandre reconnue à l'empereur par les traités de Madrid et de Cambrai (1526 et 1529). Ses limites sont au nord le Dollart et le Hont, qui la séparent de la Zélande; au sud, les comtés de Hainaut, d'Artois et la rivière l'Aa; à l'est, l'Escaut et le duché de Brabant; à l'ouest, la France et la mer du Nord *(Mare germanicum)*.

Le musée Plantin-Moretus, à Anvers, possède le seul exemplaire connu de cette carte. Il provient de la bibliothèque du chanoine C. B. De Ridder, décédé à Malines

en 1876. C'est le 6 février 1877 qu'il a été acquis en vente publique pour le compte de la ville d'Anvers. La carte présente à sa partie supérieure une lacune : l'embouchure du Hont et ses environs, et les mots *Flandriae descriptio* ont disparu. Quant au cartouche, placé près du bord inférieur, et destiné à l'explication des signes, il est resté vide.

C'est sur les instances de M. le Dr Van Raemdonck que l'administration communale anversoise a fait reproduire la carte, et c'est grâce au concours de ce savant, qui utilisa une contrefaçon de la *Flandre*, faite à Venise, en 1559, que le Cercle archéologique du Pays de Waas a fait reconstituer les parties mutilées ou incomplètes. Cette reproduction, composée de neuf planches, a pour titre : *La Grande carte de Flandre dressée en 1540 par Gérard Mercator. Reproduction phototypique de l'exemplaire conservé au Musée Plantin-Moretus, exécutée d'après les ordres de l'administration communale d'Anvers par Jos. Maes, photographe, et précédée d'une notice explicative par le docteur J. Van Raemdonck. Anvers, veuve De Backer,* M.DCCCLXXXII. Le titre et la notice sont aussi donnés en langue flamande.

La *Flandre* de 1540 est la première carte connue de Mercator qui ait été dressée sur une grande échelle. Elle n'a ni projection, ni graduation. En revanche, il se pourrait qu'elle ait été levée sur le terrain.

Tel est l'avis de J. Lelewel. Ainsi la *Flandre* et la *Lorraine* lui appartiennent entières, dit-il, en parlant du géographe flamand, parce que lui-même leva le plan de ce pays (1). M. Van Raemdonck, qui partage cette manière de voir, rend ainsi tout l'écho de sa lyre : « Muni de ses instruments et armé du bâton de voyage, Mercator parcourut successivement toutes les parties de la Flandre, depuis la mer du Nord jusqu'à la Scarpe et depuis Calais jusqu'à

(1) *Loc. cit.*, t. II, p. 184.

Anvers, visitant les villes et les villages, traversant les plaines, les bois et les marais, longeant les cours d'eau, gravissant les hauteurs, arpentant, levant les plans, déterminant par longitude et latitude la position des principaux lieux, dessinant et annotant le tout, subissant les privations et les fatigues, s'exposant à mille dangers, et ne terminant ses laborieuses pérégrinations que lorsque, épuisé par les courses et chargé d'un portefeuille rempli d'éléments, il put retourner à Louvain pour s'y livrer, dans le silence du cabinet, à la composition de sa carte de la Flandre. Deux années de peines, d'études et de sacrifices furent consacrées à l'achèvement de cette carte : temps excessivement court, si on réfléchit à la tâche considérable qu'il s'était imposée, et si on considère que très probablement Mercator n'avait aucun modèle pour se guider et que tous les matériaux étaient à créer pour cette grande entreprise. »

La description est enthousiaste, mais si vif que soit notre désir de nous rallier à ces idées, nous ne le pouvons pas. Notre conviction n'est pas faite. Pour l'asseoir, nous avons écrit à M. Van Raemdonck. Il regrette que son état de santé ne lui permette pas en ce moment de répondre. En attendant des temps meilleurs, nous allons tâcher de faire jaillir un rayon de lumière de ses savantes publications.

Pour quelles raisons M. le docteur Van Raemdonck croit-il que Mercator a *levé* la carte de la Flandre? 1° Le capitaine du génie pensionné Dejardin, qui a fait des recherches spéciales pour dresser une liste complète de toutes les cartes de la Flandre ancienne et moderne (1), ne signale aucune carte, levée sur le terrain même, qui soit antérieure à la *Flandre* de 1540. 2° Mercator, *très probablement*, n'a eu aucun modèle pour se guider, car la chorographie de la Flandre n'existait pas, *paraît-il*. 3° L'étude de la carte l'a convaincu qu'elle a été levée sur

(1) *Messager des sciences historiques...*, 1865, pp. 340 et seqq.

le terrain. 4° Le géographe rupelmondois qui, au péril de de ses jours, a mesuré de ville en ville et de village en village, comme dit Ghymmius, tout le duché de Lorraine pour en dresser la carte, aurait-il manqué de faire la même chose pour la Flandre, sa patrie, où comparativement ce travail était beaucoup plus aisé à exécuter?

Les deux premières raisons sont des arguments négatifs. Nous ferons remarquer que le remarquable travail du capitaine Dejardin — il nous permettra cette appréciation qui ne saurait pas nuire à son œuvre — n'est pas complet et ne pouvait pas l'être. On n'y voit signalées ni la carte de Flandre de 1540, inconnue en 1865, ni plusieurs de ses réductions. Il convient d'ailleurs de constater le doute qui règne dans l'esprit de M. Van Raemdonck et qui ébranle son argumentation sans la battre toutefois en brèche : *très probablement*, dit-il, Mercator n'a pas eu de modèle pour se guider. A supposer qu'il n'existât réellement pas de cartes imprimées plus anciennes de la Flandre, en résulte-t-il que le géographe n'ait pas connu d'autres sources de renseignements? N'a-t-il pas pu faire usage, par exemple, pour la partie maritime de la Flandre, d'une carte marine des Pays-Bas, dressée en 1506 et qui est conservée à Bruxelles dans les archives de la famille de Lalaing, et d'une carte topographique autographe du cours de l'Escaut depuis Rupelmonde jusqu'au Zwijn et à l'île de Walcheren ($5^{m},21 \times 0,57$) dressée au commencement du XVIe siècle et conservée aux Archives générales du royaume (Belgique) (1).

La raison tirée de l'étude de la *Flandre* est plus sérieuse. Comparée à la carte de l'état-major, le tracé est exact tant pour les limites naturelles de la Flandre que pour le détail de l'intérieur du pays, et l'on a peine à s'expliquer tant de précision dans un levé fait à vue probablement.

(1) N° 351 de l'inventaire des cartes et plans. La carte a été encadrée, placée sous verre et exposée dans la salle de travail des Archives du royaume.

Aussi les motifs que nous allons indiquer nous font-ils conclure à l'existence de documents préexistants, tels que les cartes topographique et marine dont nous venons de parler, des itinéraires, les travaux des géomètres des rois d'Espagne, qui auront été complétés par les renseignements obtenus des intéressés eux-mêmes, c'est-à-dire des marchands flamands, etc.

Combien de temps Mercator a-t-il pu consacrer à la construction de sa carte? Son *Orbis imago* a paru en 1538, sa *Vlaenderen* avant le 7 mars 1540; car à cette date paraissait son opuscule *Literarum latinarum... scribendarum ratio,* qui est postérieur à la *Flandre :* « Absoluta Flandria libellum de *Literarum latinarum... scribendarum ratione* evulgavit » (1). Dans l'espace de deux ans donc il faut placer le temps voulu pour le succès de son *Orbis imago,* pour les démarches des marchands, pour la décision de Mercator, qui n'aura pas été prise à la légère, pour les préparatifs de son départ, pour le levé, la composition, la gravure et l'impression de la carte!

Si grande soit l'activité du travailleur, c'est beaucoup, ou plutôt c'est trop. Nous avons eu la curiosité d'interroger des géomètres-arpenteurs, et des officiers qui ont fait le levé de plusieurs planchettes de la carte topographique du pays. Lorsque nous leur avons demandé ce qu'ils pensaient de Mercator parcourant la Flandre pour en faire, non un levé topographique exigé par la science et les nécessités modernes, mais un levé irrégulier avec détermination de quelques positions seulement, en un mot une carte itinéraire, plutôt commerciale que scientifique, ils ont exprimé des doutes sur la réalisation d'un pareil plan. Leurs doutes reposent surtout sur le calcul des distances arpentées par le géographe, sur les contrariétés d'un climat si néfaste aux opérations topographiques, enfin sur les rigueurs des deux hivers compris dans le cycle 1538-1540.

(1) GHYMMIUS, *loc cit.*

Nous venons de voir que Mercator n'a mis que deux ans pour terminer sa carte. Cette longue attente cadre-t-elle bien avec l'impatience des marchands, désireux de posséder la *Vlaenderen?* Ghymmius dit en effet : *Magna animi alacritate (mercatoribus quibusdam urgentibus) Flandriae descriptionem meditatus et aggressus est, brevique temporis intervallo ibidem* (à Louvain) *expedivit.*

Il faut, nous semble-t-il, forcer quelque peu le sens de ce texte, fort important, pour y trouver l'idée de longues pérégrinations à travers la Flandre. Le biographe contemporain de Mercator n'a pas l'habitude des réticences ni la concision de Tacite. Il caractérise nettement les situations. C'est ainsi qu'il dit de la *Lorraine: Eisdem fere temporibus Ducatum Lotharingiae, duce illius veniam a nostro Principe illi impetrante, oppidatim ac per singulos pagos accuratissime per stationes dimensum, post reditum calamo exacte descripsit, suae Celsitudini Nancaei obtulit.*

Croit-on d'ailleurs que Mercator lui-même n'aurait pas pris soin de nous édifier à ce sujet dans la légende de sa carte ? Or il n'y parle pas de levé. Voici la finale de la légende : *Hujus igitur tam inclytae Regionis* (il s'agit de la Flandre) *designationem summa diligentia expressam, cosmographiae candidatis operae pretium duximus impertire.*

On nous objecte l'impossibilité pour Mercator de ne pas faire pour la Flandre sa patrie, où comparativement ce travail était beaucoup plus aisé, le levé qu'il a exécuté en Lorraine en 1564 au péril de ses jours. C'est faire erreur à notre sens. En 1564, Mercator avait une situation acquise. Il la devait à la vente de ses cartes et de ses instruments de mathématiques, et à la protection de Charles-Quint et du duc de Clèves. D'ailleurs ne peut-on pas supposer que le duc de Lorraine aura agi, à l'égard du géographe, en véritable Mécène, délicatesse qu'ignoraient ou que ne pouvaient pas se permettre les marchands ?

En 1538 au contraire, Mercator était à ses débuts. On

sait qu'il ne volait pas de ses propres ailes. Le grand-oncle devait le favoriser de ses largesses. Mais le digne homme, qui avait connu les privations pour parfaire l'éducation du jeune Gérard, avait-il assez de ressources pour subvenir au déplacement coûteux de son neveu et à l'entretien de toute sa petite famille? Il nous semble plus naturel de croire que Mercator, assuré de ses moyens d'existence par la construction des instruments de mathématiques, n'aura pas de gaieté de cœur compromis son gagne-pain ni lâché la proie pour l'ombre ; il aura donc dressé, dans le silence du cabinet, avec sa sagacité et sa précision habituelles, une carte de la Flandre au moyen d'éléments existants, qu'il aura rassemblés et coordonnés, en y ajoutant son empreinte propre.

La carte de la Flandre a eu le plus légitime succès. Les reproductions sont nombreuses.

Quarante-cinq ans après sa publication, elle fut réduite par Mercator lui-même ($0^m,48 \times 0,33$). Il la gradua cette fois et la compléta partiellement. Si elle n'est pas mise au courant de tous les progrès figurés par Ortélius sur sa carte de 1570, c'est que la gravure de la planche en cuivre était probablement déjà terminée. La réduction faite par le constructeur de la carte parut dans la première partie de l'*Atlas*, en 1585, et dans vingt-huit ou vingt-neuf éditions posthumes du grand et du petit *Atlas*, publiées à Dusseldorf et à Amsterdam. Elle se trouve pour la dernière fois dans l'édition flamande de 1634.

Voici quelques réductions de la *Exactisima Flandriae descriptio* publiées en Belgique ou à l'étranger du vivant de Mercator et aussi après sa mort.

Une première réduction en une feuille est conservée à la bibliothèque gouvernementale de Florence, où M. Wieser, professeur à l'université d'Innsbruck (Tyrol), la découvrit en 1886. Michel Tramezini, graveur et éditeur de cartes géographiques à Rome, la publia en 1555, mais il eut soin de supprimer le nom de Mercator. Elle a pour titre : *Flandriae recens exactaque descriptio.*

La carte de Flandre in-f° qui figure, sous le n° 35, dans le recueil *Germania geographicis tabulis illustrata*, publié à Anvers, en 1569, avec texte latin, par Gérard De Jode, n'est qu'une copie corrigée de la carte de Tramezini. C'est donc une réduction de l'œuvre de Mercator.

La *Comitatus Flandriae*, insérée au vol. II, f°. 49, du *Speculum orbis terrarum* de Corneille De Jode, édité à Anvers, en 1593, n'est qu'une réimpression de la carte du père Gérard De Jode. Elle n'est pas graduée; les inscriptions sont flamandes et les côtes maritimes légèrement modifiées.

Une réduction anonyme, sur quart de feuille, de la carte de Gérard De Jode, figure à la page 50 du *Fasciculus geographicus* (collection d'une centaine de cartes géographiques, avec texte latin), publié en 1608, par Buxanacker, graveur et éditeur à Cologne.

Outre la réduction de Tramezini, on en connaît une seconde, anonyme aussi et faite sur une feuille. Elle est due à Dominique Zenoi, qui la donna à Venise, en 1559, avec le titre : *Exactissima Flandriae descriptio.* Il s'en trouve un exemplaire à la bibliothèque du Cercle archéologique du Pays de Waas et à la Bibliothèque royale à Bruxelles. Ces deux exemplaires sont tirés sur la même planche en cuivre, mais le dernier seul porte cette inscription : *Ad signum bibliothecae Divi Marci. Dominicus Zenoi Venetus excudebat. Venetiis MDLVIIII.*

La réduction de Venise est graduée et porte une légende latine. M. Van Raemdonck croit cette légende identique à celle de la grande carte; il l'a fait imprimer pour garnir le cartouche de celle-ci, privée de ces inscriptions. Le plagiaire a substitué le latin à la langue flamande.

A part quelques détails, la carte vénitienne, exécutée sur demi-feuille et sur bois, orne, sous le titre : « Descrittione particulare di Flandra », l'ouvrage de Guicciardini : *Descrittione di tutti i Paesi Bassi*, dont la première édition parut à Anvers en 1567.

Girolamo Porro, graveur padouan, réduisit aussi, mais sur quart de feuille, à Venise, vers 1570, la grande carte de Flandre.

La *Vlaenderen*, réduite ($0^m,50 \times 0,38$) d'après l'autographe même de Mercator, parut, sous sa signature, de 1570 à 1612, dans toutes les éditions latines, flamandes, françaises, allemandes et espagnoles du *Theatrum orbis terrarum* d'Abraham Ortélius. Le géographe anversois se borna à la compléter par le tracé du canal de Damme à L'Écluse et par les changements survenus le long des côtes; la carte prit le titre de *Flandria* de 1570 à 1592, et de *Flandriae comitatus descriptio* de 1592 à 1612 (!).

Le travail d'Ortélius servit de modèle à Pierre Koerius pour la carte de la Flandre sur demi-feuille que Jean Janssonius plaça, en 1648, dans une édition flamande de l'ouvrage de Guicciardini ci-dessus indiqué.

Le succès de ses trois premières cartes fut la preuve pour Mercator que la géographie était sa vraie voie. Pour arriver à la perfection et ne rien laisser au hasard, il consigna dans un petit manuel la manière de tracer les types des lettres latines dites italiques et cursives destinées à l'inscription sur les cartes des noms de lieux, rivières, pays, etc.

C'est un petit in-4° de 27 feuillets, imprimé presque entièrement à l'aide de planches, gravées en plein et sur bois par le géographe lui-même. On connaît cinq éditions de cet opuscule. N'est-ce pas un indice qu'il venait à son heure? *Lovanii, ex officina Rutgeri Rescii. Men. Mart. 1540.* (La préface est datée de Louvain, *nonis martiis* (7 mars) *1540.*) — *Excudebat Antverpiae Joannes Richard. Anno 1540.* (La préface porte : Louvain 1541.) — *Antverpiae excudebat Joannes Richard, in Sole aureo, an. 1549.* — *Antverpiae, apud Johannem Bellerum, sub insigni Falconis. M.D.LVII.*

A ces quatre éditions citées par M. Van Raemdonck,

nous pouvons en ajouter une cinquième, qui se trouve à la bibliothèque de la ville à Tournai : *Antverpiae excudebat Joannes Richard, in Sole aureo. Anno M.D.LVI.* La préface renseigne : *Lovanii Nonis Martiis, Anno 1550.*

Jusqu'ici nous n'avons pas eu à nous occuper des instruments de mathématiques construits par Mercator. C'est qu'ils n'avaient pas un rapport direct avec la géographie. Nous nous réjouissons que ses globes nous en donnent l'occasion.

La première sphère qui soit sortie des ateliers de Mercator semble être une sphère terrestre, dédiée à l'*Illustriss. Dno Nicolao Perrenoto Domino à Granvella, Sac. Caesareae Ma^ti à consiliis primo dedicatum.* Elle est datée de Louvain 1541, et construite sur le méridien de Forteventura, la plus grande des îles Fortunées ou Canaries, méridien situé à 16° 51′ 30″ long. O. de Paris (1). Sa circonférence est de $1^m,2905$.

Le dessin de la sphère est presque identique à celui de l'*Orbis imago.* Comme pour cette carte, l'Europe et surtout l'Asie et l'Afrique septentrionale portent toute grande l'empreinte du géographe d'Alexandrie. Le cadre ptoléméen, qui ne donnait à la surface terrestre qu'une longitude de 180° comptés des îles Canaries, et pour latitude que l'espace compris entre les parallèles 63° et 15° 30′ lat. N., a pris une large extension. On y a tracé, en effet, les deux Amériques, l'Afrique méridionale du cap Prason au cap de Bonne-Espérance, et l'Asie jusqu'au cap Comori et à la pointe sud de la presqu'île de Malacca.

Mercator divise la terre en cinq parties : l'Europe, l'Asie, l'Afrique, l'Amérique (Nova India) et les terres australes ou magellaniques. Faute de découvertes maritimes, les régions antarctiques prennent sur la sphère un développement encore plus grand que sur l'*Orbis imago.*

(1) MALTE-BRUN. *Bulletin de la Société de géographie de Paris,* 1875, 2e vol., p. 620.

On y lit cette légende : *Quinta haec et quidem amplissima pars, quantum conjectare licet, nuper orbi nostro accessit, verum paucis adhuc littoribus explorata.* Mercator, versant dans l'erreur commune, croyait ces terres aussi vastes que tout le vieux continent. On sait qu'elles sont devenues les nombreuses îles de l'Océanie.

Contrairement à ses idées de 1538, le géographe est d'avis qu'on ne peut aller au Cathai que par l'Orient.

De plus, il marque sans le désigner un bras de séparation entre l'Asie et l'Amérique, dont le tracé présente un progrès sensible sur l'*Orbis imago.*

Sur l'*Orbis imago* et sur la sphère terrestre, on voit l'Afrique centrale représentée avec d'abondants détails, royaumes, villes, lacs, cours d'eau, montagnes, etc. Ces indications ne sont pas l'image de la réalité. Où donc ont-elles été puisées ?

En 1522 parut à Strasbourg, imprimée chez J. Grieninger et publiée par les soins de Laurent Phrisius (Friese), une édition de Ptolémée, dont l'Afrique n'est qu'une réduction du *Ptolémée* de 1513. Elle renferme les portulans portugais que le duc de Lorraine René II (1473-1508) avait reçus de Lisbonne. Cette réduction a été faite par Martin Waldseemüller (Hylacomilus). Celui-ci donna carrière à son imagination. La partie comprise entre l'équateur et le tropique du Capricorne, partie où l'édition du *Ptolémée* de 1513 et de 1520 laissait un immense blanc, fut ornée de données hautement fantaisistes : un bassin central (lac Saphat) servant de déversoir à trois affluents, celui du sud formé par la réunion de deux branches, le Gomormager et le Hélaste.

Comme le dit M. Wauters (1), auquel nous empruntons ces données, Mercator a copié le portulan du duc René, mais il en a fait une véritable carte continentale où l'orographie et l'hydrographie sont particulièrement soignées.

(1) *Bulletin de la Société belge de géographie*, 1879. p. 124.

Les fleuves, dont le navigateur n'avait fait que marquer l'embouchure le long du littoral, courent sinueux jusqu'à leurs sources; puis est dessiné le système fluvial du Nil, qui ne date pas de la Renaissance, mais remonte à Ératosthène (225 av. J.-C.). Toutefois les deux grands lacs sources du Nil, qu'Hylacomilus avait relégués au nord de l'équateur, conformément à la carte de 1513, ont repris leur place ptoléméenne. Enfin Mercator couvre de nouvelles villes, de nouveaux lacs, de nouvelles rivières le blanc de la carte de 1522, et il reproduit l'invention du géographe fribourgeois en faisant à son tracé une modification importante. Il rattache le bassin du Saphat à la côte orientale en prolongeant le Gomormager jusqu'à l'océan, au sud de Zéphala.

A voir cette carte, si chargée, de 1541, on dirait que d'importantes explorations ont été faites depuis 1522. Il n'en est rien cependant. Mercator ne fait que reproduire, en l'amplifiant, l'Afrique de Waldseemüller (1).

En avril 1551, au témoignage de Ghymmius, Mercator construisit à Louvain une sphère céleste de même dimension que la sphère terrestre, soit $1^{m},2905$ de circonférence. Georges d'Autriche, prince-évêque de Liége, en accepta la dédicace.

Cette sphère représente le firmament, avec l'équateur, l'écliptique, les cercles des tropiques et les cercles polaires, les planètes, les étoiles et les constellations avec leurs noms et leurs signes, la voie lactée, les méridiens, l'horizon rationnel.

Nous n'avons pas compétence pour discuter la valeur de cette sphère. Nous nous en tenons à ce renseignement du R. P. Thirion : « Les historiens de l'astronomie sont

(1) Mercator aura trouvé l'Afrique de 1522 dans la traduction de Ptolémée publiée à Lyon en 1535, par Willibald Pirkaymer. Il possédait en effet un exemplaire de cette édition, et l'a étudié avec soin, comme il le dit dans ses *Tabulae geographicae Cl. Ptolemaei.*

sobres de détails sur les plus anciens globes célestes européens, et en particulier sur celui de Mercator. Ce sont toujours les globes de Janssonius (Blaeu) que l'on cite comme les plus intéressants de cette époque. Ce sont probablement les premiers sur lesquels figurent les étoiles du ciel austral jusqu'au pôle antarctique. »

Revenons à notre sphère terrestre. Il est naturel de se demander quelle est sa valeur comparée aux sphères des contemporains du géographe ?

Possevinus, dont la parole n'est pas suspecte, dit que la sphère d'Oronce était la plus estimée de l'époque, mais qu'elle vient d'être surpassée par celle de Gérard Mercator, que les hommes entendus regardent comme la plus parfaite de toutes (1).

Master Blundéville, de son côté, affirme *that up to the date of 1592 they (globes) were in common use in England.*

L'examen de la valeur intrinsèque de la sphère est aussi éloquent que ces témoignages.

Nous avons déjà vu qu'au point de vue physique elle présente les errements qui étaient généralement en cours. Mais au point de vue mathématique, les progrès sur ses devancières sont considérables, qu'il s'agisse de la construction ou de l'application de l'instrument.

Convaincu des défauts des cartes nautiques et de l'utilité des sphères pour la navigation, Mercator appropria ses globes à l'usage de la marine. La graduation, que négligeaient généralement les cartographes de la première moitié du XVIe siècle, est fort précise. Un des premiers, et longtemps avant Blaeu, l'éditeur d'Amsterdam, il a tracé les rhumbs ou lignes que suivent les navires guidés par la boussole. Ces lignes sont des loxodromes.

(1) Hic (globus) vero cum magnopere aestimaretur, qui ab Orontio manaverat, superatus est ab eo, quem Gerardus Mercator edidit, quem omnium praestantissimum viri periti existimant. *Antonii Possevini... Bibliotheca selecta de ratione studiorum.....* Coloniae Agrippinae..... MDCVII, t. II, p. 257.

Toujours pour être utile aux marins et aux voyageurs, il a dessiné sur la sphère, à leurs points correspondants de la terre, diverses étoiles de la voûte céleste. Enfin le géographe a signalé un procédé, nouveau à son avis, mais attribué par d'Avezac à Sébastien Cabot : la détermination de la longitude des lieux à l'aide de la sphère et de l'aiguille aimantée.

Il sortait un assez grand nombre de globes des ateliers de Mercator. On sait, de science certaine, que de 1566 à 1582 il a fourni une trentaine de paires de sphères à Plantin et à Camérarius, de science certaine aussi qu'il préparait les corps globulaires à des époques différentes. Mais peut-on déterminer s'il y a eu plusieurs tirages des feuilles de revêtement? Ou bien sont-ce les planches de 1541 et de 1551, *non retouchées,* qui ont sans cesse servi? La question n'est pas futile.

S'il y a eu plusieurs tirages, trouve-t-on sur un des fuseaux des sphères une date indicatrice quelconque et aussi le tracé des découvertes géographiques faites de 1541 à 1582? Il serait curieux de pouvoir constater si les progrès signalés dans l'*Europe* et la *Mappemonde de 1569,* par exemple, figurent aussi sur les globes de notre auteur.

Quant à nous, nous avons peine à croire que Mercator aura fourni en 1582 une sphère faite avec les fuseaux, *non revisés,* de 1541. Il est regrettable que nous n'ayons rien trouvé à ce sujet. Nos correspondants nous déclarent que toutes les sphères sont identiques.

La Bibliothèque royale à Bruxelles a fait à Gand, en mai 1868, à la vente publique des livres de Benoni Verhelst, l'acquisition d'un carton où se trouvent douze planches gravées par Mercator (1).

Il y a d'abord les dessins de revêtement des masses globulaires des sphères mercatoriennes ; c'étaient les seuls

(1) Bibl. roy. Série II, n° 19527. Le prix d'achat est de fr. 2,75.

vestiges connus à cette date des instruments de l'espèce fabriqués par le géographe rupelmondois. Chacune des sphères terrestre et céleste est représentée par cinq feuilles grand in-folio. Sur une de ces feuilles figurent l'horizon rationnel divisé en quatre segments et deux croquis, en forme de cercles, des régions circompolaires ; sur chacune des quatre autres sont burinés trois longs fuseaux.

La farde renferme encore deux cartouches illustrés, de tous points semblables. Ils sont gravés et de plus petit format que les feuilles des fuseaux. Au centre un petit cercle avec ces mots : *Teutschland mit dem umligenden grenzen, garvlyssich describiert, und im druck auss gegeben, durch Gerardum Mercatorem, des Hochgebornen Fursten und Hern Hertzogen zu Gulich, etc., cosmographum zu Duysburgh.*

Comme cette inscription ne cadre pas avec les sphères, sur lesquelles elle ne saurait d'ailleurs pas trouver place, un des possesseurs du carton a fait graver deux titres qui doivent la recouvrir. Ils sont conçus en ces termes : *Globus terrae Gerardi Mercatoris Rupelmundani*, et *Globus caeli Gerardi Mercatoris Rupelmundani.*

Avec M. Petit, conservateur à la Bibliothèque royale à Bruxelles, nous pensons que les deux cartouches sont absolument étrangers aux sphères.

En 1875, une reproduction photo-lithographique de cette collection de dessins a été faite à deux cents exemplaires, par l'institut cartographique militaire, sur la proposition de M. Van Raemdonck, et grâce à la sollicitude éclairée et aux frais de feu J. Malou, ministre d'État en Belgique.

Toutefois on n'a pas cru devoir reproduire en double le cartouche illustré. Il y a donc 11 feuilles au lieu de 12.

L'Atlas a été publié sous ce titre : *Sphère terrestre et sphère céleste de Gérard Mercator, de Rupelmonde, éditées à Louvain en 1541 et 1551.* — Éd. nouvelle de 1875,

d'après l'original appartenant à la Bibliothèque royale de Belgique. — Bruxelles, M.D.CCC.LXXV, gr. in-f°, 11 feuilles.

Les sphères terrestre et céleste de Gérard Mercator, exhibées le 15 juillet 1875, à l'exposition du congrès géographique à Paris, ont été construites au moyen des fac-similédes fu seaux originaux.

Depuis 1874, on a trouvé des paires de sphères à Vienne (Bibliothèque de la Cour Impériale), à Paris (au musée astronomique de l'Observatoire), à Saint-Nicolas (Belgique, bibliothèque du Cercle archéologique du Pays de Waas), à Crémone (Bibliothèque gouvernementale), à Urbania, appelée jadis Castel Durante, petite ville d'Italie dans les Marches (Bibliothèque municipale), à Nuremberg (Bibliothèque du musée germanique), et à Florence (Bibliothèque gouvernementale). M. Wieser, qui a découvert ces dernières, ne leur reconnaît qu'un intérêt tout à fait secondaire. M. Breusing a signalé à M. Fiorini qu'il n'y avait qu'une sphère terrestre de Mercator à Weimar; il en est de même à Nurenberg (1).

Toutes ces sphères sont montées; mais tous les montages ne sont pas les mêmes ou ne sont pas authentiques.

Comme la généralité des exemplaires connus jusqu'à ce jour sont appareillés, on peut supposer qu'à partir de 1551 les deux sphères se vendaient ensemble.

François Haraeus, d'Utrecht, a édité, en 1617, un globe, *terrestris partimque caelestis,* de $0^m,23$ à 0,24 de diamètre. Il affirme que c'est une imitation du travail de Mercator.

La sphère terrestre du géographe flamand a été copiée dans la carte portugaise d'André Homem (1558), une des plus anciennes cartes portugaises connues et où la fusion des trois grands bassins fluviaux au moyen du lac Saphat est un fait accompli (2).

Nous regrettons de ne pouvoir pas partager entiè-

(1) Fiorini, *loc. cit.*, p. 380.
(2) Wauters, *loc. cit.*, p. 126.

rement la manière de voir de M. le docteur Van Raemdonck au sujet d'une question se rattachant aux sphères mercatoriennes.

Le biographe de Mercator est d'avis, avec Lelewel, que la sphère terrestre parut « en même temps qu'un opuscule qui en expliquait les différents usages et les différences d'avec les sphères antérieurement publiées par d'autres. L'existence de cet opuscule, que nous n'avons pas pu retrouver jusqu'à présent, se constate par une inscription qui figure sur la sphère même. »

Cette inscription est ainsi conçue : *Ubi et quibus argumentis, Lector, ab aliorum desciverimus editione libellus noster indicabit.*

Pour la sphère céleste, M. Van Raemdonck croit aussi à un petit traité-annexe : « 1° à cause d'une publication analogue pour la sphère terrestre; 2° à cause d'un octroi que Mercator obtint, le 20 avril 1551, de la chancellerie du Brabant, pour pouvoir imprimer et vendre des livres. »

Nous ne croyons pas ces arguments suffisants. Le privilège peut parfaitement avoir été accordé au traité *Literarum latinarum..... scribendarum ratio,* dont le succès était grand.

L'inscription faite sur la sphère n'implique pas, nous semble-t-il, sa publication. L'auteur ne dit pas *indicat,* ce qui eût été la preuve péremptoire de son apparition et de son adjonction à la sphère, mais *indicabit,* ce qui n'est qu'une présomption que l'opuscule aura été rédigé.

D'ailleurs ne serait-il pas étrange que les deux opuscules fussent irrémédiablement égarés, alors qu'on retrouve des sphères et surtout des cartes, objets si fragiles ? Plus étrange encore que Mercator n'en parlât jamais dans ses lettres à Camerarius auquel il fournissait des sphères, et que Ghymmius, toujours si bien renseigné, n'en dise mot dans sa biographie.

Et puis, si l'opuscule de Mercator a été imprimé et a été d'un usage courant, nous ne comprenons pas la

publication d'un travail sur la sphère, faite en 1563 par son fils Barthélemi Mercator. Il semble en effet qu'il y ait des liens de parenté entre les deux petits traités (1).

Il est arrivé à Mercator, comme à beaucoup d'auteurs trop absorbés, d'annoncer des publications qu'il avait conçues, voire même commencées, mais qu'il n'a jamais mises au jour. Ainsi en est-il de sa *Géographie ancienne,* dont il est question dans le traité *De mundi creatione ac fabrica;* ainsi encore d'une *Carte d'Europe* promise en 1538 dans une légende de l'*Orbis imago.*

Pour terminer, nous faisons nôtre, mais en l'appropriant à la circonstance, ce que M. Van Raemdonck disait en 1885 de la *Petite Europe de 1538* : « On peut supposer ou que la promesse n'aura pas été tenue, ou que cette carte, quoique exécutée, n'aura jamais été livrée au commerce. »

Pendant son séjour à Louvain, Mercator avait fabriqué pour Charles-Quint toute une série d'instruments de mathématiques. A peine installé à Duisbourg, il fut en 1552 appelé à construire pour le monarque un anneau astronomique et un système de deux petits globes, vrai joyau artistique.

L'anneau astronomique, composé de quatre cercles ordinaires (méridien général, méridien mobile, équateur, cercle à pinnules) et d'un cinquième faisant l'office de l'horizon, le disputait, au dire de Pierre Beausardt, professeur à l'université de Louvain, à l'astrolabe, tant pour le nombre que pour la sûreté de ses usages.

Quant au système de deux sphères, l'une, soufflée du plus pur cristal et armée du méridien et d'autres appareils, représentait le firmament, enchâssé des foyers lumineux que le Créateur sema dans l'espace. Son centre était

(1) *Breves in sphaeram meditatiunculae,* includentes methodum et isagogen in universam cosmographiam, hoc est geographiae pariter atque astronomiae initia ac rudimenta suggerentes. Anno MDLXIII.

Il existe un exemplaire de ce travail à Madrid, et à Londres (Bibliothèque de la Société royale de géographie).

occupé par la seconde sphère. Elle était faite en bois et représentait notre planète.

Les instruments sont perdus, mais on connaît deux copies de l'opuscule inédit, adressé à l'Empereur sous forme de lettre, et qui doit leur avoir servi d'annexe.

Il a pour titre : *Declaratio insigniorum utilitatum quae sunt in globo terrestri, coelesti, et annulo astronomico, ad invictissimum Romanum Imperatorem Carolum quintum.*

La première copie a été découverte en 1866, par M. Ruelens, conservateur à la Bibliothèque royale à Bruxelles; elle se trouve à la Bibliothèque Ambrosienne à Milan, dans un codex in-f°, coté 107 R. Sup., qui contient divers opuscules. Le travail de Mercator figure sous le n° 8 : *L'Opuscolo di Mercatore.* Il ne compte que quatorze pages.

M. Van Raemdonck, informé de la découverte de M. Ruelens, obtint de l'abbé Gatti une copie du manuscrit et la publia, en 1868, dans les *Annales du Cercle archéologique du Pays de Waas* (1).

Le savant bibliothécaire, après avoir confronté l'écriture de *L'Opuscolo* avec le fac-similé de la signature de Mercator, déclara que le manuscrit de l'Ambrosienne n'était pas de la main de Mercator. L'écriture est italienne et postérieure au géographe rupelmondois d'environ un demi-siècle, comme l'indiquent le papier et la conformation des lettres.

M. Fiorini, au cours d'un travail sur Mercator, a demandé, au sujet de cette copie, des renseignements au bibliothécaire actuel de l'Ambrosienne, le savant abbé Ceriani. Celui-ci lui a répondu qu'elle est d'une écriture italienne de la seconde moitié du XVIe siècle, qu'elle appartient à un miscellanée de la bibliothèque Pinelli, et qu'elle ne peut donc pas être postérieure à 1601.

La bibliothèque de Jean Vincent Pinelli, mort à Padoue en 1601, avait été transportée à Naples, où elle

(1) Br. in-8°, 30 pp. L'introduction va de la p. 3 à la p. 14.

fut vendue au cardinal Frédéric Borromée, fondateur de l'Ambrosienne.

L'Italie possède une seconde copie, plus authenthique, de l'avis de M. Fiorini, de l'opuscule mercatorien. Elle appartient à M. le Dr Ferdinand Jacoli, professeur à l'école royale des mécaniciens de la marine italienne à Venise. Il l'a achetée à Milan vers 1883 ou 1884 au libraire Pierre Vergani, aujourd'hui décédé. Elle est reliée avec le travail d'un autre auteur. M. Jacoli ignore d'où Vergani tenait ce beau document. Il est regrettable que le manuscrit ne porte aucune indication permettant d'en reconnaître les anciens propriétaires.

Le professeur de Venise y voit une écriture de la seconde moitié du XVIe siècle. L'abbé Ceriani, auquel M. Fiorini a communiqué la photographie d'une page du manuscrit, croit l'écriture du XVIe ou du commencement du XVIIe siècle. Malgré son élégance plus accusée, elle est du même type que l'écriture de la première copie. Les deux copies présentent quelques variantes. Nous n'en citerons qu'une.

Au verso de la première page (copie de Venise), on lit à la partie supérieure : *Explicatio praecipuorum et magis difficilum* (sic) *quae sunt in globo terrestri.* Cette indication manque à la copie de Milan, où M. Van Raemdonck a inscrit ces mots : *De usu globi terrestris.*

La même signature figure à la fin des deux copies : *Sacratissimae Majestati Tuae Gerardus Mercator Rupelmundanus servus humillimus.*

Comme on a pu le remarquer, depuis 1540 Mercator n'a plus construit une seule carte. On sait simplement qu'en 1541 et 1543, il a levé le plan de quelques propriétés privées, et qu'il a continué la fabrication de ses instruments.

En octobre 1554, il a publié à Duisbourg la première édition de sa *Carte d'Europe*, dont la gravure avait été com-

mencée à Louvain. Grâce aux registres de la comptabilité du libraire Plantin, conservés au musée Plantin-Moretus, à Anvers, le Dr Van Raemdonck, le savant le plus versé en littérature mercatorienne, a établi qu'elle a surpassé en vogue toutes les autres cartes du géographe flamand. De 1558 à 1576, il en a été fourni à Plantin huit cent soixante-huit exemplaires enluminés. C'est un exemplaire de cette édition, le seul connu jusqu'à ce jour, que M. Heyer vient de découvrir. Il forme la perle de la trouvaille de Breslau.

On connaissait déjà la *Weltkarte;* quant aux *Iles Britanniques,* elles n'ont pas été dessinées par Mercator. L'*Europe,* au contraire, appartient tout entière au glorieux enfant de Rupelmonde, tant pour la construction que pour la gravure.

La carte a pour titre : *Europae descriptio,* et porte cette dédicace, surmontée d'armoiries : *Reverendiss. et illustriss. Domino D. Antonio Perrenot Atrebatensium Episcopo Imp. Caroli V Augusti primo Consiliario Literarum Studiorumq. omnium Unico Fautori Gerardus Mercator Rupelmundanus Dedicabat.* On lit la signature dans le coin inférieur gauche de la carte : *Absolutum divulgatum est opus Duysburgi anno Dni 1554, mense octobri, per Gerardum Mercatorem Rupelmundanum.*

Il règne autour de la carte un cadre large de $0^m,06$ où s'étalent des scènes de la vie des Faunes. Sur toute la surface, comprise entre les parallèles 30° et 70° lat. N., ou 28° 20' et 75° lat. N., en tenant compte des parties extrêmes, l'auteur, pour faciliter la vente de sa carte et répondre à un usage établi, a disséminé des figurines et des cartouches enrichis de notes historiques et géographiques.

D'après les calculs de M. Heyer, la carte est dressée à l'échelle moderne du 1/4 280 000, plus exactement 1/4 281 023. Elle a été collée sur toile par quelque main inexpérimentée qui lui a laissé de nombreuses rides, et elle a été coupée, avant complète siccation, en deux parties dans le sens de l'équateur.

Il est résulté de ces opérations ou de ces mutilations, qui ne sont nuisibles, il est vrai, à l'usage d'aucune partie du document, une différence dans la longueur des côtés parallèles de la carte. Les côtés nord et sud mesurent $1^m,583$ et $1^m,59$; les bords est et ouest $1^m,324$ et $1^m,319$.

MM. Van Raemdonck, Breusing et Heyer estiment que cette œuvre de Mercator est composée de six, huit et quinze planches en cuivre. M. Heyer semble avoir raison. La division en segments est donc bien l'œuvre du géographe, et non du possesseur de la carte.

Dans l'angle inférieur de droite on lit, tracées d'une écriture cursive, les lettres ou la signature *k e p*. C'est le signe qu'un des possesseurs de la carte employait pour la classer dans ses collections.

Dans l'étude des cartes du XVIe siècle, époque de rénovation pour la cartographie, il est deux choses capitales à observer : la projection et le premier méridien.

Jusqu'à ce jour il n'existait aucune certitude sur la projection employée par Mercator pour son *Europe*. Il manquait un élément essentiel d'appréciation : la carte.

Il y a vingt ans, d'Avezac estimait que l'*Europe* de 1554 était établie sur la projection du cône sécant, appelée par lui projection conique à double section (1). Son opinion était basée sur l'étude de la *Carte d'Europe* que Rumold, fils de Gérard Mercator, avait faite d'après la grande carte de son père. Mais le témoignage tiré de la projection de ce document n'est pas probant. Car Rumold peut avoir travaillé d'après l'*Europe de 1572*. En 1869, M. Breusing ne se rallia pas à cette façon de voir (2). Il avait en effet trouvé dans les *Exercices* de Thomas Blundeville (3), écrit pédagogique de la fin du XVIe siècle, une

(1) *Coup d'œil historique sur la projection des cartes géographiques*. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE DE PARIS, 1863, janvier-juin, pp. 317-320.

(2) *Loc. cit.*, p. 23.

(3) *Exercices contayning eight Treatises*..... which Treatises are very necessary to be read and learned of all yonng gentlemen..... desirous to have knowledge as well in Cosmographie, Astronomie and Geographie, as also in

description, faite *de visu*, de la *Carte d'Europe de 1554*; or il y est dit que les méridiens sont curvilignes. L'hypothèse de la projection du cône sécant ne pouvait donc plus être admise.

Mais quelle est alors la projection employée? De l'examen de la carte et du témoignage, peut-être pas assez précis, de Mercator (Légende *Benevolo lectori*), M. Heyer conclut à l'emploi de la projection cordiforme simple. Mercator restait ainsi fidèle aux principes fondamentaux, qu'il avait appliqués pour l'établissement du canevas de son *Orbis imago*. On sait toutefois qu'ici la projection cordiforme était double.

Si Mercator nous met sur la trace de la projection qu'il a employée, il n'en est pas de même pour son premier méridien. C'est donc par voie indirecte, c'est-à-dire par l'examen de la carte et par le calcul, que nous en aurons la clef.

Il est hors de doute que le premier méridien passe par une des îles de l'océan Atlantique. On ne voit pas laquelle, car dans la partie sud-ouest de la carte, nous n'avons aucune indication à l'ouest de l'île de Porto Santo, située par environ 5° long. E. et 30° lat. N.

Après avoir appris du navigateur François de Dieppe que l'aiguille aimantée accuse la direction du nord aux îles du Cap Vert, Mercator établit sa *Carte du monde* sur le méridien commun à trois de ces îles, Mayo, Bonavista et Sal, échelonnées entre 15° et 17° lat. N. Ce méridien coupe le groupe des Açores en laissant Saint-Michel et Sainte-Marie à l'est, Tercera et les autres îles à l'ouest.

Le cap Finistère et le cap Vincent ont une longitude orientale de 12°25' et 13°12' sur la *Weltkarte*, et de 10°25' et 11°12' sur la *Carte d'Europe*. C'est une différence de 2°. Or, la pointe Est de l'île de Fer se trouve à peu près à

the Art of Navigation. The sixth edition corrected and augmented. London 1622, in 4°. — Il y au moins sept éditions, dont quatre portent les dates de 1594, 1597, 1622 et 1636, 7e éd.

cette distance du méridien initial de la *Weltkarte*. Donc les longitudes de la *Carte d'Europe de 1554* sont comptées du méridien de cette dernière île. Mercator fait donc, à l'exemple de Ptolémée, une nouvelle application des îles Canaries ou Fortunées.

Nous avons déjà dit qu'il est difficile de connaître exactement les sources cartographiques auxquelles Mercator recourut. Si elles ne sont pas toutes perdues, la plupart cependant sont encore ignorées.

Pour la partie septentrionale de la *Carte d'Europe*, on sait depuis peu les documents principaux utilisés par le géographe.

En 1886, M. le Dr Oscar Brenner a découvert, dans la mappothèque de la bibliothèque de la ville de Munich, la carte des contrées septentrionales de l'Europe, publiée en 1539 par Olaus Magnus sous le titre de *Carta marina*. Ce trésor géographique, accompagné d'une courte notice, a été reproduit sans retard en phototypie au 1/3 de l'échelle.

Il suffit de comparer l'Islande, le Groënland, le Jutland, la Finlande tracée par Olaus Magnus, avec les cartes de Ziegler (1532), de Bordone (1547), de Pedrezano (1548), pour constater, chez ceux-ci manque de précision, chez le premier au contraire recherche de la vérité, représentation, fort fidèle pour l'époque, de la contexture de ces pays du nord de l'Europe, et surtout richesse incomparable de renseignements pour l'ethnographie et l'histoire de la civilisation.

Malgré ses qualités, cette carte n'eut pas une influence immédiate sur la cartographie du XVIe siècle ; elle n'échappa cependant point à l'œil vigilant et à l'esprit attentif de Mercator. Lorsqu'on met les deux cartes en présence, on se convainc que la partie orientale de la presqu'île scandinave ainsi que le pays situé à l'est de la chaîne dorsale de cette presqu'île concordent jusque dans les moindres détails oro- et hydrographiques.

Une autre source à laquelle puisa le géographe est la *Syria*, etc., de Jacques Ziegler, parue en 1532, à Strasbourg, chez Pierre Opilio, et dont la huitième carte donne la *Schondia*. La contexture des côtes occidentales de la Scandinavie, les îles avoisinantes, et surtout la description des fjords de Drontheim, qui manque chez Olaus, sont semblables chez les deux auteurs.

On peut regretter que Mercator n'ait pas aussi utilisé les quatre cent quatre-vingts positions astronomiques de la Scandinavie, données par Ziegler; plus que toutes les autres elles serrent de près la vérité. Il aurait ainsi évité de comprendre la Schondia entre les parallèles 57° et 75° lat. N., tandis que Ziegler ne porte l'orientation la plus septentrionale que jusqu'au parallèle 72° lat. N.

Nous avons déjà dit qu'une description, détaillée et soignée, de la *Carte d'Europe de 1554* a été donnée par Master Thomas Blundeville. M. Heyer consacre à cette pièce la majeure partie de son étude (pp. 381-389; 474-487 et 507-513, reproduction de treize légendes); il y joint comme annexe une modeste réduction de la carte au 1/4 de l'échelle et sans légendes.

M. Heyer estime que l'*Europe* de Mercator a été mise à profit pour la carte, sans titre et en allemand ($0^m,35 \times 0,46$), de l'*Olaus historia*, Bâle, 1567.

En 1572, Mercator a donné une seconde édition de son *Europe*, rectifiée et complétée. On n'en connaît pas d'exemplaire. La seule trace matérielle de cette carte se trouve, accompagnée d'une traduction anglaise, dans Richard Hakluyt, *The Principal Navigations... of the English Nation* (1). C'est la légende où Mercator donne sommairement les raisons qui l'ont décidé à une seconde édition de son *Europe*. Nous nous complaisons à la consigner ici. *Magnam occasionem certamque rationem emendandae Europae nobis attulit celeberrima Anglorum per Cronium*

(1) London, 1599-1600, 3 vol. in-8°, t. I, p. 513.

mare navigatio : quae littora septentrionalia Finlappiae Moscoviaeque juxta coeli situm, mundique plagos digesta habet. Exacta etiam urbis Moscuae latitudo ab Anglis observata, interiorum Regionum emendatius describendarum infallibilem legem praescripsit : quibus oblatis adminiculis pulcherrimis, iniquum putavi tabulam hanc castigatiorem non reddere.

Rumold a fait une réduction, la seule connue jusqu'à ce jour, de la carte de son père. Elle est construite sur la projection conique à double section et dressée sur le méridien des îles du Cap Vert. Elle figure dans la troisième partie de l'*Atlas*, parue en 1595, et dans toutes les éditions suivantes.

La période qui s'étend de 1554 à 1564 est plus pauvre encore en productions cartographiques que celle de 1541 à 1554. On ne signale absolument aucune œuvre de Mercator. Heureusement qu'à partir de 1564 il n'y aura plus de grands vides. Cette année même est marquée par la publication de deux cartes : le *Duché de Lorraine* et les *Iles Britanniques*. Il est impossible de déterminer quelle est la première en date. La chose est d'ailleurs de nulle importance.

Lotharingiae ducatus. Tel est le titre d'une chorographie autographe du duché de Lorraine faite par Mercator. Elle appartient tout entière à l'auteur. Il en fit le levé en 1563, à la demande du duc Charles II. Le dessin à la plume fut terminé en 1564 et remis au prince par le géographe lui-même.

Cette carte n'a jamais été publiée, croyons-nous. En tous cas, elle ne l'était pas le 25 mars 1575. A cette date, Antoine Piso, à qui Ortélius avait demandé une carte de la Lorraine, lui répondit : *Hanc* (tabulam chorographicam Lotharingiae) *ante aliquot annos, hic delineavit Gerardus Mercator, sed eam Princeps sibi habet, nondum publicatam* (1).

(1) Hessels. *Abrahami Ortelii.. Epistulae*, p. 126, n° 6.

On savait que la *Carte des Iles Britanniques,* tout comme l'*Europe,* avait été imprimée; mais on n'en connaissait pas de spécimen, avant l'heureuse découverte de M. Heyer.

Elle a pour titre : *Angliae, Scotiae et Hiberniae nova descriptio.* Elle est encadrée sans luxe aucun et ne porte aucune trace de graduation ou de projection. A la partie inférieure on lit à gauche cette légende : *Absolutum et evulgatum Duysburgi anno Domini 1564,* et à droite ces quatre lettres en écriture cursive *k ä n e.* Nous avons déjà dit le sens de ces signatures.

La gravure se compose de 8 planches. Y compris l'étroit encadrement, la carte mesure $1^{m},285 \times 0,89$. Elle est comprise entre 48° 30′ et 59° 30′ lat. N., et 10° 30′ et 2° long. O., et construite à l'échelle du 1/1 153 632 ou 1/1 500 000. Au sud, elle embrasse toute la Manche et une portion de la Bretagne et de la Normandie; au nord, au contraire, elle s'arrête brusquement à Papa Westra (Pappa chez Mercator), la plus septentrionale des îles Orkneys; elle ne comprend donc pas l'île Fair du groupe des Shetland.

Il est de règle dans la cartographie de se conformer au principe de l'orientation septentrionale; Mercator y a dérogé dans les *Iles Britanniques.* L'ouest se trouve au bord supérieur de la carte.

De droite et de gauche se trouvent quelques légendes et cartouches. Dans un de ces cartouches : *Gerardus Mercator lectori salutem,* l'auteur nous apprend que le dessin de la carte, fort soigné et fort exact, n'est pas de sa composition, mais lui a été offert par un ami intime, pour qu'il l'arrangeât d'après son procédé et le répandit à un grand nombre d'exemplaires. Ce procédé était la gravure sur cuivre. Mercator n'a fait qu'ajouter quelques descriptions fort nécessaires au géographe pour la connaissance particulière des pays.

Cette carte, entièrement enluminée, est différente des

Cartes des Iles Britanniques de l'*Atlas*, qui sont réduites à un petit module et n'ont été gravées qu'entre 1589 et 1595, époque de leur publication.

M. Heyer est d'avis qu'une réduction de la carte (au 1/3 environ de l'édition originale) se trouve dans le *Theatrum orbis terrarum* d'Ortélius (Éditio princeps 20. V. 1570, feuille 6). Il ajoute cependant que le dessin s'écarte passablement de celui de Mercator, tandis que les textes sont fort apparentés. Suivant sa coutume, Ortélius n'indique pas les sources de sa rédaction. Mais pourquoi aura-t-il préféré la copie de Mercator à la carte de Humfred Lhuyd?

Au début de sa carrière, Mercator avait publié une mappemonde qui mérita des éloges. En pleine efflorescence de talent il reprit le même sujet et publia la *Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium emendate accomodata.*

Elle parut à *Duysburgi an. D. 1569, mense augusto.* La dédicace, surmontée des armoiries du duc de Juliers, est ainsi libellée : *Illustriss. et clementiss. Principi ac Domino, D. Wilhelmo Duci Juliae, Clivorum et Montis, comiti Marchiae et Ravensburgi, Domino in Ravenstein opus hoc felicibus Ejus auspiciis inchoatum atque perfectum Gerardus Mercator dedicabat.*

Cette carte est illustrée comme l'*Europe de 1554*, mais l'encadrement est moins riche ; il est orné de nombreux médaillons indiquant l'orientation ; les inscriptions sont en flamand, sauf celles relatives au nord, au sud, à l'est et à l'ouest qui sont en plusieurs langues.

Il y a en tout trente-neuf légendes ; elles n'ont pas toutes la même importance.

A la feuille 10 de la reproduction berlinoise, se trouve la majeure partie de l'Europe. Perdue dans un modeste coin, la Belgique avec Antwerpen, Luyc, Namen, Loven, Tornay, Ghendt, le cours de l'Escaut et de la Meuse.

La carte trouvée à Breslau mesure $2^{m},08 \times 1,31$. Celle de Paris a $2^{m} \times 1,32$. Il n'y a pas concordance avec les

chiffres de d'Avezac : $2^m \times 1,26$. A l'intérieur du cadre les dimensions (Breslau) sont : $1^m,99 \times 1,21$.

MM. Van Raemdonck et Breusing pensent que la carte ne comprend que huit planches. M. Heyer croit plutôt qu'il y en a vingt-quatre. De même que la *Carte d'Europe* et des *Iles Britanniques*, la *Weltkarte* porte une signature dans son angle inférieur droit. Ce sont quatre lettres manuscrites *k a p o*.

Quoique Mercator ne cite pas les auteurs, chez lesquels il devait nécessairement glaner, on est cependant parvenu à en découvrir quelques-uns.

On sait déjà que les régions septentrionales de l'*Europe de 1554* ont été dressées en partie sur des renseignements fournis par Ziegler et Olaus Magnus. Tout cela a été reproduit sur la *Carte du monde*, mais avec moins de détails, vu que l'échelle est beaucoup plus petite.

Pour l'Afrique centrale, Mercator met à contribution la mappemonde d'Hylacomilus, comme il avait fait pour sa sphère de 1541. Les grandes lignes sont les mêmes, mais une légère modification de tracé apportée à cette sphère en modifie complètement l'hydrographie. Le Gomormager et le Hélaste sont devenus le *Cuama* et le *Spirito Santo*. Ils forment les deux bras inférieurs du Zambéré, l'émissaire du lac central le Saphat. On devine l'influence de l'historien portugais Barros (1). Le *Manicogo*, sous le nom de *Zaïre*, est devenu l'émissaire occidental du lac. Enfin un troisième bras, dirigé vers le nord, relie le Saphat au Nil.

Cette carte marque un grand progrès sur ses devancières. La côte occidentale d'Afrique, mal décrite par Ptolémée, est entièrement rectifiée. L'Asie est limitée comme sur la sphère de 1541, mais elle n'est plus reliée aux terres circompolaires. Mercator croit donc maintenant à l'existence d'une mer libre tant à l'est qu'à l'ouest, pour aller au Cathai.

(1) WAUTERS, *loc. cit.*, p. 127.

Les terres boréales n'ont plus la même physionomie qu'en 1538 et 1541. Mercator admet l'idée due à Nicolas de Lynn, et propagée par Jacques Knoyen, de Bois-le-Duc, et Giraldus, du Pays de Galles. Autour du pôle nord se dresse une puissante masse noire de trente-trois lieues de circuit, entourée de quatre îles, que séparent des bras de mer par où les eaux sont entraînées avec violence vers un gouffre intérieur. Cette conception bizarre n'a disparu que dans la première édition de l'*Atlas* mercatorien publié en 1606 par Josse Hondius.

Le tracé des terres australes ne diffère pas sensiblement de celui de la sphère de 1541.

Il existe un bras de séparation entre l'Asie et l'Amérique : *El Streto de Arian* (le détroit actuel de Behring).

La *Nova India,* mise au courant des principales découvertes faites de 1541 à 1569, commence à se dessiner. Signalons la séparation du Groënland de l'Amérique ; le golfe Saint-Laurent et les fleuves qui s'y déversent ; le cours complet de l'Amazone et du Rio de la Plata, etc. C'est surtout pour l'Amérique septentrionale que les indications se font nombreuses et précises. Il y a certes des erreurs à signaler ! Mais quels progrès cependant et quelle supériorité sur les cartographes contemporains de Mercator, chez lesquels on ne rencontre qu'une image déformée du Nouveau Monde !

Ce qui fait la grande valeur de cette carte, c'est le choix du premier méridien, et particulièrement de la projection sur laquelle elle est construite.

Vers le milieu du XVIe siècle il était de règle pour les cartographes de compter les longitudes à partir du méridien commun à l'aiguille aimantée et au pôle du monde, donc celui du lieu de la terre où l'aiguille se dirige droit vers le pôle nord.

Au retour d'un voyage au long cours, un pilote nommé François, originaire de Dieppe, avait annoncé que ce phénomène s'observait aux îles du Cap Vert, Sal, Maijo

et Bonavista. Confiant dans ce témoignage, Mercator, le premier parmi les cartographes, fit passer par ces îles le premier méridien de son *Planisphère de 1569*.

La *Weltkarte* est éminemment une carte marine. Cela ressort de la projection employée et des explications données par Mercator lui-même. Les mappemondes connues au temps de Mercator n'étaient d'aucune utilité à la grande navigation maritime, car leurs méridiens sont des lignes courbes. A cause de cette courbure, les navires qui se dirigent constamment vers un même point du compas, pourvu que ce ne soit pas un des quatre points cardinaux, décrivent sur le globe une *courbe* qui tourne en spirale à l'infini, et s'approche toujours du pôle sans jamais y arriver.

Cette courbe s'appelle loxodrome. L'honneur d'avoir trouvé sa définition théorique revient à Pierre Nuñez (Nonius), mathématicien portugais du XVIe siècle. La difficulté de mesurer avec le compas l'arc d'une de ces courbes empêche presque le marin de tracer sur la carte la route qu'il a suivie, ou celle qu'il lui reste à faire.

On a cherché à parer à cet inconvénient. A cet effet, on a supposé la surface sphérique formée d'éléments infiniment petits, et on les a développés tout en veillant à leur parfaite similitude et dans une proportion telle que les parallèles soient égaux à l'équateur. La figure obtenue est une surface cylindrique, tangente à la sphère suivant son équateur. Déroulée, cette surface donne une carte plate où les méridiens sont des verticales parallèles et équidistantes, et les parallèles des perpendiculaires aux méridiens. Si de pareilles cartes marquaient un progrès, elles présentaient néanmoins de graves inconvénients. Il suffira de mentionner l'accroissement progressif des degrés de longitude à partir de l'équateur et le maintien irrationnel de la longueur des degrés de latitude. Comme ces cartes étaient une calamité entre les mains des marins, Mercator étudia le remède à apporter au mal. Il introduisit

dans le canevas une modification d'une grande simplicité, mais de conséquences immenses.

Le géographe était convaincu que les marins n'employaient pas la carte pour connaître la figure des pays (1), mais seulement pour y tracer exactement, d'après sa longueur et sa direction, le chemin qu'ils ont fait, ainsi que la distance des diverses côtes et la direction voulue pour y arriver ou pour les éviter. Aussi n'hésita-t-il pas, pour compenser l'écartement anormal des méridiens, à faire subir un accroissement proportionnel aux intervalles existant entre les parallèles (2).

C'est cette invention qu'on appelle *projection à latitudes croissantes*.

Toutes les directions qui, sur la surface du globe, coupent les méridiens sous le même angle, sont représentées sur la projection mercatorienne par des droites coupant sous le même angle les lignes correspondantes aux méridiens terrestes.

Un navire qui fait sans cesse voile vers le même point du compas décrira donc sur la carte une simple ligne droite au lieu de la ligne loxodromique. Il y aura, comme le remarque M. Van Raemdonck, simplification dans les opérations du calcul et facilité dans la détermination des directions et des distances.

Le tracé de cette projection (3) ne présente d'autres difficultés que la construction de l'échelle des latitudes. On a dressé à cet effet, à l'aide du calcul intégral et en tenant compte de l'aplatissement de la terre, des tables de latitudes croissantes. Ce nom leur vient évidemment de l'augmentation qu'éprouve, dans ces tables, la longueur de chaque degré de latitude, à mesure qu'il se rapproche du pôle.

(1) MALTE-BRUN, *Précis de la géographie universelle*. Bruxelles, 1829, p. 274b.

(2) D'AVEZAC, *loc. cit.*, 1863, p. 315.

(3) MALTE-BRUN, *loc. cit.*, p. 274b et 274c.

On ne doit pas chercher, dans les cartes construites sur cette projection, les rapports d'étendue des pays, ni l'exacte image de leur configuration. Elles ne doivent être en effet que des instruments destinés à résoudre graphiquement les principales questions du pilotage, au moyen des procédés géométriques ou des calculs enseignés dans les traités de navigation.

Dans le principe, la découverte qui devait immortaliser Mercator ne fut pas goûtée des marins. Édouard Wright, mathématicien anglais, est le premier auteur qui mentionne une carte dressée sur la projection à latitudes croissantes (1). Mais cette projection finit par s'imposer; perfectionnée et rectifiée sans cesse dans les détails, elle est devenue d'un usage général pour l'hydrographie.

On a contesté jadis à Mercator la paternité de son invention pour l'attribuer à Édouard Wright.

C'est que Mercator n'avait fait qu'indiquer, sans donner de procédés de calcul, la règle de l'accroissement progressif des degrés de latitude. Il dit en effet dans la légende *Inspectori S.*, qui figure sur les planches 1 et 2 de la *Weltkarte : Gradus latitudinum versus utrumque polum paulatim auximus pro incremento parallelorum supra rationem quam habent ad aequinoctialem*. Il n'y a là ni formule, ni loi mathématique. Celle-ci est due à Édouard Wright. Vers 1590, il détermina les longueurs des lignes représentatives des degrés du parallèle et du méridien suivant cette loi fort simple : la circonférence d'un parallèle et celle d'un méridien sont entre elles comme le cosinus de la latitude du parallèle et le sinus total, ou comme le sinus total et la sécante de latitude. C'est en 1599 que cette loi fut publiée dans les *Errors in Navigation*.

La projection dont nous nous occupons est appelée, du

(1) *Certain Errors in Navigation Detected and Corrected*. London, in-4°. On signale sept éditions de ce travail, entre autres celles de 1599 (la 1re), 1610, 1657.

nom de son inventeur réel ou supposé, projection de Mercator ou projection de Wright; d'après sa destination, projection des cartes marines; d'après la petite étendue de terrain généralement représentée, projection des cartes réduites; d'après un usage universel et exclusif pour la marine espagnole, projection *esferica;* enfin d'après sa nature, projection à latitudes croissantes.

Jusqu'à ce jour on connaît de la *Weltkarte : A)* Deux exemplaires sortis des ateliers de Mercator. Ils sont conservés à la Bibliothèque municipale de Breslau et à la Bibliothèque nationale, à Paris, section des cartes et documents géographiques (kl. 147). Ce dernier exemplaire provient de la collection de Julius Klaproth. — *B)* Des reproductions modernes, à grandeur de l'original, de ces deux exemplaires. Le savant Jomard, de l'Institut de France, conservateur à la section géographique de la Bibliothèque nationale, à Paris, a fait graver un fac-similé en huit planches (pl. 75 à 82) de l'exemplaire faisant partie des documents confiés à ses soins. Elles figurent dans *Les Monuments de la géographie ou Recueil d'anciennes cartes européennes et orientales.....* Paris, 1854-1857. Ce travail, dont le prix de publication était fort élevé, est rare et ne se trouve que dans quelques grands dépôts littéraires. Il est fâcheux que Jomard ait négligé les dessins marginaux, et les légendes si indispensables à l'étude de la carte. Quelques-unes cependant ont été tirées en petit nombre comme épreuves. En 1871, M. Boselli, juge au tribunal civil de la Seine, et Mme Boselli, fille de Jomard, ont fait don à la ville d'Anvers, à l'occasion du congrès des sciences géographiques, d'un fac-similé complet, *sur toile,* de la mappemonde de Mercator. Il est emprunté aux *Monuments de la géographie* de Jomard. Les légendes, dont une partie était restée en blanc, ont été complétées au moyen d'une autographie très exacte. — L'Imprimerie impériale et la Société de géographie de Berlin ont voulu faire mieux que leur prédécesseur. La

photographie a reproduit intégralement l'original. — *C)* Divers agrandissements, réductions ou imitations. Citons : 1° *Orbis terrae compendiosa descriptio quam ex magna universali Gerardi Mercatoris.....* Rumoldus Mercator fieri curabat. Anno M.D.LXXXVII. Cette carte est insérée dans l'*Atlantis pars altera*, publiée en 1595 (réduction); — 2° *Africa, ex magna orbis terrae descriptione Gerardi Mercatoris desumpta*, studio et industria G. M. (Gerardi Mercatoris) Junioris (réduction); — 3° *Asia, ex magna orbis terrae descriptione Gerardi Mercatoris desumpta* studio et industria G. M. junioris (réduction) ;— 4° *America sive India Nova ad magnae Gerardi Mercatoris universalis imitationem in compendium redacta.* Per Michaelem Mercatorem Duysburgensem (réduction); — 5° La réduction sur projection cylindrique dans le *Speculum orbis terrarum* de C. de Jode en 1593; — 6° *Nova totius terrarum orbis geographica et hydrographica tabula*, auct. Gul. Janssonio, 1606. Elle est dédiée à Corneille, fils de Pierre Hoost. On y lit cette légende : *Excudebat Gulielmus Janssonius Amstelodami sub signo Solarii deaurati* (contrefaçon) (1) ; — 7° *Nova totius terrarum orbis geographica ac hydrographica tabula* a Petro Koerio (contrefaçon). Kœrius a fait croire qu'il était l'auteur de cette carte. Son rôle s'est borné à regraver le planisphère de Janssonius dont il a complété l'Amérique méridionale. A l'*excudebat* et à la dédicace on a substitué ces mots : *a)* Hae regiones cuidam hispano apparuerunt, cum disjectus a classe, in hoc australi vagaretur oceano; — *b)* Amstelodami excudebat Joannes Janssonius. Cette carte a remplacé son modèle, car elle figure dans l'*Atlas* janssonien de 1638 (contrefaçon); — 8° La planche en cuivre de la carte dédiée à Corneille Hoost n'avait pas été détruite. Usée, elle a été mal retouchée, en plusieurs points, par un burin doux, augmentée

(1) Nous extrayons les détails concernant cette carte et les deux suivantes de Lelewel, *loc. cit.*, t. I, pp. C-CI.

pour l'Amérique méridionale seulement et signée *J*ª (Josua) *Vanden Ende sculpsit.* Sous la dédicace à Hoost, la date et le nom de Janssonius sont limés et remplacés par ces mots : Guilj. Blaeuw. L'*excudebat* devient : *Excudebat Gulielmus Blaeuw sub signo Solarii deaurati.* Le mot *auctore* est suivi du nom : Guiljelmo Blaeuw. Cette carte se trouve dans l'*Atlas* de Jean Blaeuw de 1647, 1649 et peut-être aussi 1642. Remarquons que Guillaume Blaeuw mourut en 1638. C'est donc son fils Jean qui lui attribue la paternité de la planche due à Janssonius (contrefaçon); — 9° *Typus orbis terrarum,* dans *La Cosmographie universelle de tout le monde....* Auteur en partie Munster, mais... enrichie par François de Belle-Forest. A Paris, M.D.LXXV, in-f°, t. I. Cette carte est développée sur le canavas de la mappemonde de Munster et dressée sur le méridien des îles Açores. C'est la carte de Mercator moins riche en détails et modifiée en partie sous le rapport des noms (contrefaçon); — 10° Une contrefaçon de Bernardus Puteanus, de Bruges; Blundeville affirme l'avoir vue ; — 11° La réduction, datée de Bruxelles, le 20 décembre 1851, et faite par Lelewel au 1/8 de l'échelle ou au 1/64 de la superficie de l'original (1). Il a travaillé, non d'après la grande carte de 1869 qu'il n'a pas vue, mais d'après le planisphère et les quatre cartes *(Europa, Asia, Africa, America)* de l'*Atlas* mercatorien. Quoique envoyée à Paris pour être contrôlée sur l'original de la Bibliothèque nationale, cette œuvre de patiente sagacité est incomplète, partiellement inexacte et utilisable à la loupe seulement; — 12° Un petit croquis (carte muette) dans *Encyclopedia britannica.* Ninth edition, 1883, t. XV, p. 521 ; — 13° Enfin une réduction au 1/10, vraie carte muette aussi, publiée par M. Heyer.

Il est de croyance commune que la mappemonde placée en tête du *Theatrum orbis terrarum* d'Abraham Ortélius

(1) *Loc. cit.*, t. I.

de 1570 est faite d'après la *Weltkarte* de Mercator de 1569.

Sans doute Ortélius fait l'éloge de cette nouvelle œuvre dans le texte qui accompagne sa carte. Mais faut-il conclure fatalement à une réduction ou à une imitation de la mappemonde de son ami Gérard ?

Nous pensons au contraire, et nous sommes heureux de la haute approbation du lieutenant-général Wauwermans, juge autorisé en la matière, qu'il est très douteux qu'Ortélius ait copié ou imité Mercator. Il lui aura tout simplement emprunté, pour l'appliquer à sa carte de 1570, la répartition des terres en trois continents introduite dans la *Weltkarte* de 1569.

Les deux géographes ont probablement travaillé d'après un même modèle, dû aux recherches toujours adroites d'Ortélius. Or ce modèle doit être antérieur à l'année 1561, car à cette date l'ami de Mercator avait publié, entre autres cartes volantes, un *Typus orbis terrarum*, dont nous avons vainement cherché un exemplaire, *typus* qui n'est probablement que le précurseur de la carte de 1570, si ce n'est pas cette carte même.

Deux lettres font foi de l'existence de la mappemonde de 1561. Elles ont été adressées par Scipio Fabius à Abraham Ortélius (1). La première est datée de Bologne (Bononie, 16 cal. julii [16 juin] 1561). Elle porte : « ..... typos enim quos ad me mitis et mihi et fratri meo carissimos fore firmiter crede et scito, ejusmodi enim maxime delectamur. Quare eorum precium litteris tuis ad me perscribas vellim, cuique pecunias tibi reddendas dem an institutoribus Simonis Tas qui hic degant an alieni alteri... »

La seconde lettre est datée de Bologne (Bononie, 14 aprilis 1565). On y lit : « Acceperam ante multos menses typum tottius terrarum orbis tua industria et ope excussum. Fuit is mihi gratissimus, tum quia omnia tua mihi jocunda sunt

(1) Hessels. *Epistulae Ortelianae*.... London, 1887, pp. 24-25 et 32-33

cum propter se ipsum ; ita enim diligenter et exacte omnia sunt descripta ut a multis studiosis et nobilibus rogatus fuerim dari de eis copiam videndi ; quibus cum ego satisfecissem laudarunt quam maxime opus tuum. Ago igitur gratias quas possum maximas. »

Hessels dit au sujet de cette mappemonde (1) : « From the Letter of Scipio Fabius, dated Bologna, 16 june 1561 (N° 11), it is clear that the map entitled : *Typus orbis terrarum,* which Ortelius published as the first map in his Theatrum of 1570, had already appeared before the month of june, 1561, for we cannot doubt that the word « typos » which Fabius uses in § 2, refers to this map, as he alludes to it in more distinct terms in § 2 of his Letter of 14 april 1565 (N° 15) ».

Jusqu'ici aucun auteur n'avait donné un texte exact des légendes. Lelewel les publia après une étude sommaire de la carte (2). M. Breusing a mis une partie des légendes en appendice à la seconde édition de sa conférence; mais comme il a particulièrement étudié la mappemonde au point de vue de la projection, il n'a reproduit que les légendes relatives à cet objet (3). M. Van Raemdonck n'a intercalé que quelques extraits de ces documents dans son étude, longue et aussi intéressante que tous ses travaux d'ailleurs, sur la carte de 1569 (4). M. Heyer seul donne le texte complet des trente-neuf légendes de la mappemonde. On doit lui en savoir gré, c'est rendre service à la science que de fournir aux intéressés des éléments de travail de tous points exacts et précis (5).

On peut dire que la *Weltkarte* forme comme le faîte de l'édifice mercatorien, et comme la ligne de séparation entre deux phases bien distinctes de la carrière scientifique de l'illustre géographe.

(1) *Loc. cit.*, p. XXIV.
(2) *Loc. cit.*, t. I, pp. XCVIII-CI, et t. II, pp. 225-233.
(3) *Gerhard Kremer, gen. Mercator.....* 1878.
(4) *Gérard Mercator, sa vie et ses œuvres.....* pp. 114-139.
(5) *Loc. cit.*, pp. 517-528.

La première phase, de 1534 à 1569, est en quelque sorte la phase de préparation, d'incubation. Mercator consacre toute son activité à la construction des instruments de mathématiques, et produit à des intervalles parfois trop longs, sauf de 1537 à 1540, une carte géographique toujours remarquable. On ne voit pas poindre une idée d'ensemble, une idée-mère dans son travail. Ce sont des parties séparées dont il ne médite pas de former un corps.

A partir de 1569 la situation change. Qu'on nous permette une courte digression pour montrer la vraie place que les travaux géographiques occupent dans les conceptions du savant.

Mercator est trop à l'étroit dans le cercle où il gravite. Son regard s'est porté vers les luminaires suspendus dans les cieux; leur harmonie comme leurs mystères le transportent; il veut remonter à l'origine des choses, tout sonder et approfondir. Le projet est grandiose et digne de tous points de cette intelligence supérieure.

Les premières méditations avaient porté sur une cosmographie où il ne serait question que de la terre et des espaces célestes. Mais ce cadre l'oblige à trop de concessions. Il conçoit donc un vaste plan d'études cosmographiques en *cinq* volumes. Il y traitera de la cosmogonie, du globe, de la genèse du ciel, de la géographie ancienne et moderne, de l'astronomie, de la généalogie et de la chronologie.

Mais laissons pendant quelques instants la parole à Mercator lui-même. Le passage cité pourra paraître long, mais il est capital : il forme la quintessence de la carrière scientifique de l'auteur, et on y voit exposée et condensée toute l'œuvre du maître, avec la plus grande précision et la plus grande lucidité.

Statueram initio duas mundi partes, coelestem nimirum et terrestrem pertractare, et coelestium quidem corporum circuitus, distantias, magnitudines, radiorum projectiones reflectiones et commistiones [considerare, terrestris vero

situm, magnitudinem, divisionem, pondus, inaequalitatem, ad mare et coelos habitudinem et hujusmodi plura disquirere, eorumque descriptione cosmographiam absolvi opinabar, verum cum animadverterem hujusmodi descriptionem nihil aliud quam primarum maximarumque mundi partium historiam esse, historiam autem primum in omni philosophiae studio locum et gradum obtinere, cogitavi tum demum recte hanc descriptionem sive mundi historiam institutam fore, si primam hujus machinae originem et praecipuorum ejus partium genesim diligenti contemplatione pervestigarem, ita enim de singulorum natura et potentia facilius judicium futurum esse, et ad recte de mundo philosophandum initium illud dari, quod primum in omni physica consideratione merito esse debet. Itaque a mundi exordio historiam hanc ordiri propositum fuit, et ex primo capite Genesis principia universae naturae scrutari ac rem totam velut ob ovo inchoare; sic jam tres operis concepti partes nactus eram, primam mundi genesim, secundam coelestium rerum, tertiam terrae marisque descriptionem. Porro ut vidi Geographiam absolvi non posse, immo ne intelligi quidem recte sine regum qui urbes regnaque condiderunt tempore ordine et successu cognito, accessit quarta pars Genealogicon, in quo dum primam operam collocassem, ne quid ejus ignorantia in reliquis me falleret, deprehendi et hoc opere prius quiddam in inquisitione esse, videlicet temporum certam rationem, quam nunc qua potuimus industria concinnatam et consummatam damus. Igitur quinque jam Cosmographiae tomos concepimus, quorum postremi duo etiamsi ad illam non admodum pertinere cuiquam videri possint, habent tamen necessariam ut dixi appendentiam, et cum duplex tantum sit historia, naturae et rerum gestarum, omnisque descriptio ad alterutram pertinere ejusque pars esse debeat, non injuste temporum a coelo productorum logisticam Cosmographia sibi vendicabit, genealogiae quoque cum ad actiones voluntarias non egrediantur, sed in naturae operatione haereant, magis

ad Cosmographiam quae universae naturalis historiae primordia exhibet, quam ad rerum gestarum historiam pertinere videntur (1).

En 1585, dans ses *Galliae tabulae geographicae*, Mercator revient sur ses études cosmographiques, dont il a commencé la publication en 1569, et explique, dans l'épitre dédicatoire à Jean Guillaume, duc de Juliers et de Clèves, l'ordre logique de leur classement : " *Ita et ego cum totius orbis descriptionem meditarer, exigebat quidem operis distributio et ordo, ut primum de mundi fabrica, dispositioneque partium in universum, deinde, de coelestium corporum ordine et motu, tertio de eorumdem natura, radiatione, et operantium confluxu, ad veriorem astrologiam inquirendam, quarto de elementis, quinto de regnorum et totius terrae descriptione, sexto de principum a condito mundo genealogiis, ad emigrationes gentium, et primas terrarum habitationes, rerumque inventarum tempora et antiquitates indagandas, tractarem. Hic enim rerum naturalis est ordo, qui causas et origines rerum facile commonstrat, et ad veram scientiam sapientiamque optimus dux est.* "

L'ordre que Mercator s'était tracé n'a pas été suivi. Parut d'abord la chronologie, puis la géographie de Ptolémée et deux parties de la géographie moderne. Enfin, après la mort de l'auteur, le *De mundi creatione ac fabrica liber* figura en tête de la troisième partie de l'*Atlas*, avec la généalogie du roi Atlas. Ce sont les seules parties du vaste plan d'études conçu par Mercator qui aient jamais été publiées. D'après Ghymmius, la *Généalogie*, préparée par le géographe, était remarquable; l'*Astronomie*, qui devait former le deuxième volume de la cosmographie, avait été commencée, mais était restée inachevée. Nous ne connaissons rien de ces deux derniers ouvrages.

L'ensemble de ces travaux cosmographiques devait porter le titre de *Atlas, sive cosmographicae meditationes de*

(1) *Chronologie*..... Praefatio ad lectorem, p. 3.

fabrica mundi et fabricati figura. C'est le titre qui orne un frontispice gravé, inséré dans la troisième partie de la géographie moderne publiée en 1595 sous la rubrique : *Atlantis Pars Altera. Geographia nova totius mundi.* Nous supposons que, dans la pensée du géographe rupelmondois, le *pars prima* n'était autre que le traité : *De mundi creatione ac fabrica.*

Le mot *Atlas* est resté et a été donné par les éditeurs à toutes les éditions de la géographie moderne de Mercator.

Pour rester fidèle à notre but, nous ne pouvons nous occuper ici que du *Ptolémée* et de l'*Atlas* proprement dit de l'illustre savant.

Claude Ptolémée, qui mourut à Alexandrie en l'an 170, a tâché de donner à la géographie des bases scientifiques. Les résultats de son travail constituent un exposé élémentaire, mathématique, de la figure et de la grandeur de la terre. Ils sont consignés en langue grecque dans ses *Huit livres de géographie.* On ne peut contester qu'ils renferment des erreurs, mais ils marquent une brillante étape pour la science.

Il est probable que cet ouvrage n'embrassait que du texte, et que les cartes, destinées à en éclairer l'intelligence, ont été dessinées, d'après les principes du maître, par Agathodémon, géographe grec du ve siècle.

Les copies, les traductions latines et les éditions ptoléméennes ne se comptent pas. Malheureusement les savants, pour faire montre de science, et les copistes ou typographes, par inadvertance ou par négligence, altérèrent l'œuvre originale. Mercator, qui professait un vrai culte pour le géographe d'Alexandrie, s'efforça de reconstituer le texte primitif des *Huit livres* par la confrontation des meilleures éditions parues de Ptolémée, celles de 1409, 1490, 1535, 1540 et 1562. Grâce à ce labeur, il put corriger, dessiner, nous allions dire refondre, les cartes d'Agathodémon. Elles sont au nombre de vingt-sept : l'*Habitable* de Pto-

lémée, dix cartes pour l'Europe, quatre cartes et un appendice pour l'Afrique, et douze cartes pour l'Asie.

La première édition parut sous le titre : *Tabulae geographicae Cl. Ptolemaei ad mentem autoris restitutae et emendatae per Gerardum Mercatorem illustriss. Ducis Cliviae,* etc., *Cosmographum. Coloniae Agrippinae..... M.D.LXXVIII.*

C'est un in-folio de 74 feuillets non chiffrés. Au verso des cartes se trouvent des explications de Mercator sur les corrections qu'il a introduites.

En 1584, le géographe fit paraître une seconde édition des cartes du *Ptolémée,* accompagnée cette fois du texte latin qu'il avait reconstitué. Ce fut Arnold Mylius qui en fut l'éditeur. Il dit dans la préface que le texte est simplement la traduction latine de Bilibald Pirkheymer (1) (Bâle, 1525), enrichie des corrections de Michel Villanovanus (Lyon, 1535), de Joseph Moletius (Venise, 1562), et de Gérard Mercator. Et il ajoute : *In ipsa etiam Ptolemaei recognitione, nostro rogatu, praecipue primo et septimo libro, quaedam aut obscure dicta, aut transposita, aut corrupte a typographis expressa, quaeque in demonstrationibus errata deprehendit, paucissimis immutatis et sine interpretis* (c'est de Pirkheymer qu'il s'agit ici) *diligenter castigavit.*

Si vif qu'ait été notre désir de contrôler l'affirmation de Mylius, nous n'y sommes point parvenu. Et cependant nous y tenions, car l'édition de Pirkheymer ne figure pas parmi celles que Mercator dit avoir consultées, quoiqu'elle se trouvât sur les rayons de sa bibliothèque.

M. Paquot partage l'avis de Mylius (2).

M. Van Raemdonck ne peut pas admettre les considérations suivantes émises par Bertius, dans son édition de Ptolémée. Nous croyons bien faire en les rapprochant des paroles de Mylius. *Post Moletium contulit operam suam*

(1) Cette traduction est restée inachevée à cause de la mort du traducteur.
(2) *Matériaux pour servir à l'histoire littéraire des Pays-Bas*, t. I. Bibl. roy., à Bruxelles, Ms. n° 17630.

Gerardus Mercator Rupelmundanus, qui tamen neque graecum contextum cum manuscriptis exemplaribus contulit, neque in versione latina quicquam restituit, sed descriptiones Ptolemaei in charta primum delineans, postea aeri (nam et hac arte ad miraculum usque excelluit) incidens, deprehendit quaedam codicum errata, quae etiam in suis Annotationibus recensuit.

La seconde édition du *Ptolémée* a pour titre : *Cl. Ptolemaei Alexandrini, Geographiae libri octo, recogniti jam et diligenter emendati cum tabulis geographicis ad mentem auctoris restitutis ac emendatis, per Gerardum Mercatorem... M.D.LXXXIV.*

Après la mort de Mercator, deux éditions de son *Ptolémée*, quelque peu augmenté ou corrigé, furent encore données; l'une, revue par Pierre Montanus, parut chez Corneille Nicolaï et Josse Hondius, Amsterodami, Anno D. 1605; l'autre fut donnée par Pierre Bertius, géographe du roi Louis XIII, dans le t. I de son *Theatrum geographiae veteris. Amstelodami. Ex officina Judoci Hondii. Anno 1618.*

Tout en travaillant à son *Ptolémée*, le géographe préparait la publication de sa géographie moderne. Il travaillait depuis longtemps à former un faisceau de toutes les cartes récentes de l'univers, générales et particulières, qu'il réduisait à un format moindre que celui de ses grandes cartes. Si cette nouvelle publication fut si lente à paraître, ce fut surtout pour ne pas nuire au succès du *Theatrum orbis terrarum* de son ami Ortélius, et aussi parce que Mercator ne voulait pas que son travail fût une simple œuvre de copiste; il y mit sa note personnelle par l'étude et la comparaison des meilleures cartes publiées et par les nombreux renseignements qu'il se procura. Mercator a divisé toutes les cartes de son *Atlas* en trois parties, qui ont paru séparément. Dans la première, sont groupées les cartes de la France, des Pays-Bas et de l'Allemagne; dans la seconde, les cartes

de l'Italie, de la Slavonie et de la Grèce; dans la troisième enfin, quelques cartes générales et celles des régions polaires et des pays du nord de l'Europe.

Quelle est la valeur de cet atlas et sur quel plan est-il établi ?

« Mercator, dit M. Van Raemdonck, reconnaît dans la géographie trois branches principales : la géographie politique, qui considère la terre comme la demeure de l'homme ; la géographie mathématique, qui s'occupe des rapports de la terre avec le reste de l'univers, et la géographie physique, qui s'occupe de la configuration du globe divisé en terres et en eaux. »

Considéré sous ce triple point de vue, l'*Atlas* de Mercator est absolument supérieur à toutes les publications similaires de ses contemporains. Il est impossible de faire l'analyse de chaque carte. Nous devons nous borner à un coup d'œil d'ensemble emprunté à M. Van Raemdonck. Dans toutes les cartes, d'ailleurs, ce sont les mêmes principes généraux qui dominent.

« La géographie politique chez Mercator comprend trois points principaux : la constitution civile, l'administration de la justice et l'organisation ecclésiastique..... Pour la constitution civile, il énumère : 1° selon leur rang de dignité observé dans l'État, les divers membres qui le composent; 2° dans les pays où le gouvernement principal se trouve entre les mains de la noblesse, il énumère les domaines féodaux du prince et après eux les localités libres, tous rangés, à commencer par les plus nobles, dans l'ordre suivant : les duchés, les comtés, les baronnies et les seigneuries; 3° les provinces dans lesquelles le pays se divise.

» Pour l'administration de la justice, il indique les circonscriptions judiciaires et les cours supérieures d'appel.

» Pour l'organisation ecclésiastique, il classe hiérarchiquement d'abord les archevêques, et ensuite les évêques suffragants et les évêques subordonnés à d'autres.

» Le gouvernement étant presque partout au pouvoir des nobles, Mercator débute par un exposé de la noblesse. Il en fait connaître d'abord tous les degrés : l'empereur ou le roi, le duc, le comte, le baron, le tribun militaire, le chevalier et l'écuyer. Il distingue trois grades de comte : le vicomte, le comte provincial et le marquis. Il détermine les caractères propres de chacun de ces degrés, les conditions et le cérémonial de leur investiture, et nous entretient du mode d'élire les rois et les princes dans les temps reculés. »

En tête des cartes de quelques pays (France, Pays-Bas, Allemagne), se trouvent groupées les notions de géographie politique dont nous venons d'esquisser le programme. Pour les autres pays, Mercator n'avait pas les renseignements voulus.

En outre, au verso de chaque carte est un tableau de la situation politique de la contrée dont elle est l'image.

Si imparfaites qu'elles soient, ces notions étaient encore intégralement reproduites dans l'édition de 1616 et seqq. de l'*Atlas* mercatorien.

Le géographe n'apportait pas moins de soins à la partie mathématique de son travail.

Toutes les cartes sont graduées. Bon nombre (Gaule et Germanie par exemple) sont dressées, sur le méridien de l'île del Corvo, d'après Malte-Brun, sur celui des îles Canaries, de l'avis de Lelewel. M. Van Raemdonck se rallie à cette dernière opinion et précise : le méridien adopté est celui de l'île de Fer, la plus occidentale de ce groupe d'îles.

Les latitudes et les longitudes qui lui étaient connues sont placées à la suite du tableau politique de chaque pays.

Enfin, toutes les cartes sont construites sur une projection, soit la projection conique à double section, soit la projection globulaire ou équidistante, etc.

Pour la géographie physique, on conçoit que Mercator ne produise qu'un travail de cabinet. Il n'a levé lui-même

aucune des cartes de l'*Atlas*. Nous sommes d'ailleurs fixés sur sa manière par ces mots qui accompagnent les cartes de la Gaule : « *Optimas quasque descriptiones in delineandis regionibus sequutus sum, qua in re non parum subsidii mihi attulit insignis chorometer et solertissimus Regis Hispan. Geographus Christianus Sgrothenius, qui multas regiones perlustravit, et prae caeteris amplius exactiusque descripsit. Tum ejusdem quoque Majestatis Geographus diligentissimus Abrahamus Ortelius...* » — Mercator a fait des emprunts à divers auteurs, mais ils ne sont pas toujours cités. Ainsi, il n'est pas une seule carte signée de Sgrothenius ni d'Ortélius. C'est l'effet sans doute de la note personnelle que Mercator donnait à ces travaux, toujours enrichis de données qu'il se procurait, toujours conçus d'après un plan parfaitement déterminé et coordonné.

La première partie de l'*Atlas* fut publiée à Duisbourg, en août 1585. Elle renferme, outre des documents divers, seize cartes de la France, neuf cartes des Pays-Bas ou de la Belgique inférieure, et vingt-six cartes de l'Allemagne.

En avril 1590, le géographe lança une deuxième partie de son travail : vingt-trois cartes de l'Italie, de la Slavonie et de la Grèce.

Enfin une troisième partie (posthume) fut éditée à Dusseldorf, en 1595, par son fils Rumold, aux frais des héritiers de Mercator. Elle a pour titre : *Atlas sive cosmographicae meditationes de fabrica mundi et fabricati figura*. On y trouve le traité *De mundi creatione ac fabrica*, la biographie de Mercator par Ghymmius : *Vita celeberrimi clarissimique viri Gerardi Mercatoris Rupelmundani a Domino Gualtero Ghymmio, Patricio Teutoburgensi, ac ejusdem oppidi antiquissimi praetore dignissimo conscripta* (1), quelques autres documents, et enfin trente-sept cartes : une mappemonde, les cartes générales d'Europe, d'Afrique, d'Asie, d'Amérique, et trente-deux cartes des contrées polaires et des pays du nord de l'Europe

(1) Cette biographie se trouve dans plusieurs éditions latines de l'*Atlas*.

(Islande, Écosse, Irlande, Angleterre, Norvège et Suède, Danemark, Prusse, Livonie, Russie, Lithuanie, Transylvanie et Chersonèse Taurique).

Il est rare de rencontrer cette troisième partie isolée. Elle est presque toujours reliée avec les deux parties précédentes ou avec l'une d'elles. M. Fiorini en signale cependant un exemplaire à la bibliothèque Victor Emmanuel à Rome.

Dès 1586, déjà on pouvait se procurer, séparément, chaque série de cartes et même des cartes volantes de l'*Atlas* mercatorien ; les cartes volantes que nous avons pu examiner n'étaient enrichies d'aucun texte.

Nous supposons que les cartes de l'*Atlas minor* se vendaient aussi détachées, car la Bibliothèque communale d'Anvers renferme un petit recueil de 22 cartes, sans texte, du susdit *Atlas*.

Quelques cartes volantes, tirées avec les planches de l'*Atlas*, sont conservées dans les Bibliothèques du British Museum (51 cartes), La Haye, Saint-Pétersbourg, Gand (20), Tournai (4), Munich (3), aux Archives générales du royaume à Bruxelles (1), etc. On en trouve même dans des librairies anciennes.

Les trois parties de l'*Atlas* ne tardèrent pas à être réunies en volume et parurent pour la première fois sous cette forme en 1602, chez Bernard Busius, à Dusseldorf. M. Van Raemdonck ne connaît que deux exemplaires de cette édition ; ils se trouvent dans la bibliothèque du docteur Breusing, à Brême, et dans celle du Cercle archéologique du Pays de Waas. M. Fiorini signale un exemplaire à la Bibliothèque Angelica, un des plus grands dépôts littéraires de Rome. Il en existe un autre à la Bibliothèque de l'université royale de Göttingen (Allemagne).

A la mort de Rumold Mercator (1600), l'*Atlas* fut publié par Josse Hondius, d'Amsterdam. Il donna en 1606 une deuxième édition de l'*Atlas*, augmenté de

cinquante cartes nouvelles. Ce sont des cartes d'Espagne, de quelques contrées de la Gaule et de la Germanie, de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique. Le succès allant grandissant, vinrent successivement des éditions *latines* en 1607, 1608, 1611, 1613, 1616, 1623, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1633 et 1638; *françaises* en 1609, 1613, 1619, 1628, 1630, 1633 et 1635; *allemandes* en 1633 et 1638 ; *flamandes* en 1634 et 1638 ; enfin, *anglaises* en 1635 et 1636.

Le nombre des cartes dues au burin de Mercator alla diminuant; elles étaient remplacées par les œuvres des Hondius. L'édition de 1638 ne renferme plus que vingt cartes gravées par le géographe flamand. La carte de la Flandre, trop usée et démodée, y fut remplacée par une autre planche, différente de celle de Mercator. Les dernières traces des cartes mercatoriennes disparaissent dans l'édition de 1640, à l'existence de laquelle croit Lelewel, et dans celle de 1664, signalée sous le n° 14 342 dans la *Bibliotheca Hultemiana*.

Il fut aussi publié quelques réductions in-4° de l'*Atlas*. La première est celle de Venise. Elle fut faite en 1596 par Girolamo Porro. Les suivantes, éditées par les Hondius, d'Amsterdam, sont de 1607, 1609, 1610, 1621, 1628, 1632 et 1634 *(latines)*, 1608, 1609, 1628, 1630 et 1631 *(françaises)*, 1606 (Amsterdam et Arnheim), 1609, 1631, 1651, et peut-être 1629 *(allemandes)*, 1621, 1628, 1630, 1634, et peut-être aussi 1636 *(flamandes)*. Lipenius renseigne une édition de 1611, sans spécifier la langue employée par l'auteur(1). Enfin la Bibliothèque nationale à Paris possède un exemplaire d'une édition française de l'*Atlas minor*, s. l. i. n. d.

Nous devons aussi mentionner deux éditions fort douteuses, de 1673 et 1676, et une traduction *turque* de l'*Atlas minor*. Elle est due, d'après Lelewel, à Moustafa-ben-Abdallah, connu sous le nom de Katib Tschelebi ou de

(1) *Bibliotheca realis philosophica*, 2 vol., 1682.

hadji Khalfa. Il est né à Constantinople et mourut en 1658. Il a été aidé par un français, Mohammed Ikhlassy. La traduction porte le titre de *Reflets de lumière servant à éclairer les obscurités d'Atlas minor*.

Nous venons de voir qu'il existe des éditions latines, françaises, flamandes, anglaises et allemandes de l'*Atlas* de Mercator.

Les parties principales du texte ont aussi été transposées en langue russe et imprimées depuis peu. Dans un prochain article, nous traiterons ce chapitre intéressant et nouveau pour le travailleur étranger à la littérature slave : on est agréablement surpris de voir Mercator y occuper une si grande place. C'est toute une révélation.

F. VAN ORTROY
lieutenant de cavalerie.

NOTE. Il a été dit plus haut, p. 546, que l'on ne connaît pas d'exemplaire de la seconde édition de l'*Europe* de Mercator publiée en 1554. Nous croyons que cette lacune est comblée. Les pages précédentes étaient sous presse, lorsqu'un correspondant nous a renseigné sur le titre de cette carte et le lieu de son dépôt. Voici le titre : *Europae descriptio emendata 1572. — Absolutum et evulgatum est opus Duisburgi ao 1554 per Gerardum Mercatorem Rupelmundanum et iterum ibidem emendatum ao 1572.*

Nous regrettons de ne pouvoir donner en ce moment de détails plus circonstanciés. Ils sont demandés, mais nous ne les avons pas encore reçus. Si ces renseignements complémentaires répondent à nos espérances, nous aurons soin d'en faire part aux lecteurs de la *Revue* dans la prochaine livraison.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours de machines, par M. Haton de la Goupillière, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École des mines, etc. Tome second. Second fascicule : *Chaudières à vapeur.* — Un vol. grand in-8° de 389 pp. — Paris, Vve Ch. Dunod, 1892.

Il a été successivement rendu compte, dans cette *Revue*, des divers fascicules du *Cours de machines* publié par M. Haton de la Goupillière. Le quatrième et dernier fascicule de ce remarquable ouvrage vient de paraître. Il est consacré à l'étude des chaudières à vapeur, que l'auteur divise en deux parties, en envisageant d'abord le générateur de vapeur, puis le condenseur.

Avant d'aborder la partie descriptive qui est tout à fait du domaine d'un *Cours de machines*, M. Haton rappelle, dans un chapitre intitulé Combustion, des notions qui ressortissent plutôt d'un *Cours de physique industrielle*. On ne pourrait, en quelques pages, condenser avec plus de clarté et de méthode la quintessence de matière développée longuement dans des traités spéciaux.

Les chaudières se différencient par leur *surface de chauffe* dont l'efficacité doit servir de point de départ à l'ingénieur dans l'établissement d'un projet de machine à vapeur. Après avoir décrit rapidement les combustibles généralement employés dans l'industrie, l'auteur expose succinctement les divers procédés qui servent à déterminer la *puissance calorifique* des houilles. Bien des méthodes ont été imaginées, mais la plupart conduisent à

des résultats qui pèchent au point de vue de la précision. Celle de M. Cornut offre le moins d'écarts, néanmoins l'erreur commise varie encore de 1 à 7 p. c.

En se basant sur la loi de Welter et l'appliquant aux expériences de MM. Scheurer-Kestner et Meunier, M. Ser est arrivé à donner une formule empirique mais assez satisfaisante de la puissance calorifique. M. Haton la rend plus maniable sous la forme $N = 8960 (C + 3 H)$. En se servant de cette formule, l'erreur ne varie généralement que dans les limites de 2 p. c. seulement. Quand il s'agit de déterminer la *valeur industrielle* des combustibles, nous pensons qu'il y a lieu de tenir compte de leurs *températures de combustion* plutôt que de leurs *puissances calorifiques*. En effet, c'est de la connaissance de la *température de combustion* qu'on déduit les usages auxquels un combustible peut servir, car un combustible peut valoir industriellement plus qu'un autre à *puissance calorifère* plus grande, parce que la nature et la quantité des produits de la combustion permettent de réaliser au fourneau une température plus élevée. L'auteur termine ce chapitre en passant en revue les circonstances de la combustion et les conditions d'une bonne vaporisation.

Plusieurs chapitres sont ensuite consacrés à l'étude proprement dite des chaudières. D'abord quels sont les métaux qui entrent dans leur construction? La fonte ne s'emploie plus guère, que pour des pièces spéciales. Le cuivre, le laiton, le fer et l'acier sont d'un usage courant dans la fabrication des chaudières, mais chacun de ces métaux s'applique plus particulièrement à telle ou telle partie du générateur. M. Haton, d'accord en cela avec beaucoup d'ingénieurs, pense que l'avenir est à l'acier soudable.

La forme des diverses parties de l'appareil de vaporisation affecte toujours, en section, la forme d'équilibre stable du cylindre de révolution. Notons toutefois que les chaudières Galloway, par leur mode de construction, permettent de s'écarter de cette règle.

Le corps cylindrique est constitué de viroles d'une ou de plusieurs feuilles assemblées par des rivures disposées de manière à mettre celles-ci à l'abri du contact des flammes. Il convient d'éviter les joints continus dans l'assemblage des viroles, et il est recommandable de les emboîter suivant le mode télescopique.

Les fonds sont rarement plats, ordinairement hémisphériques, en culasse sphérique ou en anse de panier ; dans ce dernier cas,

le grand rayon de courbure est double de celui de la section droite. Nous ajouterons cependant que si les constructeurs se sont généralement contentés de donner aux fonds sphériques un diamètre double de celui du corps cylindrique, ils n'arrivent pas, de cette façon, à l'équilibre complet. M. Lamé, en s'appuyant sur la théorie de l'élasticité, a trouvé que le rapport des diamètres devait être 7/3 au lieu de 2.

Les divers auteurs qui se sont occupés des chaudières à vapeur ont adopté pour celles-ci des classifications fort diverses. Celle qui a été suivie par M. Haton semble la plus rationnelle. Il propose et justifie leur division en deux groupes. Il range dans le premier groupe les CHAUDIÈRES A CORPS CYLINDRIQUE qui contiennent un maximum de liquide sous un minimum de surface de chauffe, et dans le second, LES CHAUDIÈRES TUBULÉES qui contiennent peu d'eau, tout en présentant une superficie très développée.

Les GÉNÉRATEURS A CORPS CYLINDRIQUE sont divisés en trois classes :

1° *Les chaudières à foyer extérieur.* Ce type est le plus répandu ; il est simple ou bien à un ou plusieurs bouilleurs. On pourrait, à notre avis, rattacher à cette classe les chaudières à tubes réchauffeurs avec ou sans bouilleurs, c'est-à-dire celles où les réchauffeurs ne constituent pas des appareils distincts, mais font en quelque sorte partie intégrante de la chaudière.

2° *Les chaudières à foyer intérieur,* dont le type principal est la chaudière de Cornwall. Ces chaudières utilisent d'une façon remarquable la chaleur dégagée par le combustible. Elles exigent toutefois une construction soignée et l'emploi de tôles de qualité supérieure, en raison de leur grand diamètre parfois supérieur à 2 mètres. Elles ne conviennent que quand on dispose de bons combustibles. L'un des principaux inconvénients de ce type est que le tube foyer est pressé extérieurement. Pour y remédier, on a construit des foyers en tôles d'acier ondulées offrant plus de raideur et plus d'élasticité. M. Galloway, abandonnant, comme nous l'avons dit, la forme cylindrique, adopte la section elliptique qu'il garantit contre l'écrasement par des tubulures également elliptiques et disposées en quinconce formant entretoises. Ces dernières chaudières sont toutefois d'un prix élevé parce que leur fabrication exige un outillage spécial.

3° *Les chaudières tubulaires.* Par la multiplication des tubes, on arrive aux chaudières employées notamment dans les locomotives où il faut réaliser un appareil très puissant par le moyen

d'une surface de chauffe très étendue sous un volume restreint.

On associe aussi les formes à bouilleurs à un faisceau tubulaire, les chaudières résultant de cette combinaison formant une classe secondaire sous le nom de *chaudières mixtes*. Enfin, dans le but de faciliter le nettoyage des tubes, on a rendu amovible le faisceau tubulaire. L'auteur donne les dispositifs des chaudières Thomas et Laurens et de Weyher et Richemond à foyers amovibles. Les tubes employés dans les générateurs de cette classe sont en fer ou en laiton. Le fer coûte, il est vrai, deux fois moins, mais, d'autre part, le laiton conserve une partie de sa valeur lors de la mise des tubes hors service. Le diamètre des tubes varie de $0^m,04$ à $0^m,10$; dans les locomotives, on ne dépasse guère $0^m,045$. On pourrait ajouter qn'en pratique il existe une certaine relation entre la longueur et le diamètre, surtout pour les locomotives où la longueur n'est certes pas arbitraire.

Alors que, dans les chaudières tubulaires, les produits de la combustion traversent un faisceau de tubes entourés d'eau, dans d'autres chaudières, que M. Haton range dans un second groupe sous le nom de CHAUDIÈRES TUBULÉES, c'est l'eau qui circule dans les tubes chauffés extérieurement par les gaz chauds. M. Haton divise également celles-ci en trois classes :

1° Les *chaudières du genre Field*, qui sont bien connues.

2° Les *chaudières multitubulaires*, improprement dites inexplosibles, car elles peuvent encore donner lieu à des explosions. Toutefois les conséquences de ces accidents sont limitées par le faible volume d'eau. En vue de les réduire, on a sectionné les appareils en séries d'éléments qui ne communiquent entre eux que par les collecteurs. L'auteur décrit avec tous les détails nécessaires les chaudières De Naeyer, Babcock et Wilcox, et la chaudière Roser qui réunit les caractères des chaudières tubulées et des chaudières tubulaires et quelques autres encore.

3° Les *chaudières à serpentin*. Cette classe a pour type le générateur Belleville. Dans ces chaudières, le danger disparaît à peu près complètement par suite de la suppression du réservoir d'eau. Elles justifient donc mieux que les précédentes le nom d'*inexplosibles*.

La chaudière Serpollet constitue le dernier terme de l'inexplosibilité. L'alimentation s'y fait au fur et à mesure de la vaporisation. On pourrait l'appeler : générateur instantané. Elle ne contient ni chambre d'eau, ni chambre de vapeur; aussi l'Administration n'exige-t-elle que l'épreuve à la pression et une seule soupape de sûreté placée sur le tuyau d'alimentation. On a

construit des générateurs de la force d'un cheval et ne pesant guère plus de 30 kil.

En dehors de la classification que nous venons de détailler, on rencontre certaines chaudières que l'auteur range dans un chapitre spécial intitulé : *Chaudières à combustibles spéciaux*. A ne considérer que l'appareil de vaporisation, ces chaudières pourraient parfaitement rentrer dans les catégories passées en revue. C'est surtout sur le foyer et le mode de production de chaleur que portent les différences. Toutefois, comme ces générateurs constituent des exceptions, M. Haton les range avec raison dans une sorte d'annexe aux chapitres consacrés aux chaudières d'usage courant, de façon à ne rien enlever à la clarté de l'exposition. Dans ces dernières chaudières, la vaporisation s'obtient, ou bien en utilisant le calorique emporté par les flammes des fours métallurgiques; ou bien en brûlant sous les générateurs des gaz fabriqués dans des appareils appelés *gazogènes* : tels sont le gazogène bien connu de Siemens et celui de Muller et Fichet qui opère méthodiquement la gazéification de la houille et la combustion des produits sous le générateur; ou bien en brûlant des huiles lourdes de pétrole; ce dernier combustible présente de grands avantages pour la marine : facilité d'emmagasinement, réduction de l'espace occupé par le combustible et par le générateur, alimentation continue et par suite très favorable à la bonne combustion, fumivorité aisément réalisée, ce qui est précieux pour les navires de guerre; ou bien enfin par le système à soude de M. Honigmann et celui à eau surchauffée de Lamm et Francq.

L'auteur décrit ensuite certains détails des chaudières. La superficie de la grille se détermine d'après la consommation de la houille et est en relation avec l'étendue de la surface de chauffe. Ce dernier rapport est généralement 1/24; toutefois il varie avec la vivacité de la combustion et avec la nature du combustible employé. C'est ainsi que dans les locomotives ce rapport descend à 1/35. En Belgique même, pour arriver à atteindre une grande puissance, tout en ne consommant que des houilles maigres et menues, on a doublé la superficie de la grille qui, dans certains types de locomotives (État belge), atteint et dépasse 5 mètres carrés. Le lecteur trouvera dans ce même paragraphe la description de plusieurs grilles perfectionnées. Leur prix élevé et la complication de leur construction font que les industriels préfèrent généralement s'en tenir aux barreaux à forme trapézoïdale. On a ainsi construit un grand nombre de

grilles mécaniques facilitant le décrassage. Parmi celles-ci, la grille Wackernie, citée par l'auteur, est peut-être la plus recommandable. Certaines dispositions ont eu pour but d'éviter la production de fumée, mais la plupart, reposant sur des mécanismes trop compliqués, ont été abandonnées.

La fumivorité s'obtient pratiquement soit par la *grille à gradins,* soit par l'introduction d'air par la porte du foyer, soit par le *foyer Tenbrink* très employé pour les locomotives.

Après de nombreux détails sur le *trou d'homme,* la *prise de vapeur,* les *détendeurs* et *sécheurs de vapeur,* l'auteur passe aux *réchauffeurs* ou appareils qui chauffent l'eau d'alimentation avant son introduction dans la chaudière. On réalise, par ce chauffage, une économie et on évite la chute de pression et la perturbation que produirait l'introduction d'eau trop froide en même temps qu'on provoque la précipitation d'une partie des sels à l'état pulvérulent. Certaines chaudières sont dites *à réchauffeurs.* M. Haton cite comme type la *chaudière Farcot.* Nous ne croyons pas que sa supériorité sur les chaudières simples à réchauffeurs ait été établie. Le réchauffage peut aussi être réalisé dans des appareils spéciaux dont le plus répandu est l'*Economizer Green.*

Le chapitre LIX traite de l'*Alimentation.* Elle se fait généralement au moyen de la *pompe alimentaire,* exceptionnellement au moyen des bouteilles d'eau, et souvent par des injecteurs. Ceux-ci ne sont en somme que des modifications de l'injecteur Giffart. Le fonctionnement de ces appareils n'est pas toujours régulier. Certains de ces appareils sont à remise en marche automatique.

La plupart des eaux d'alimentation donnent lieu à des *dépôts.* L'auteur en décrit la nature et les inconvénients. Il expose les méthodes employées pour y remédier. Celles-ci consistent soit à faire des extractions périodiques, soit à épurer l'eau avant l'alimentation.

L'épuration s'obtient par l'application de la chaleur ou par des réactions chimiques. Ces dernières consistent à précipiter les substances nuisibles et à opérer ensuite la séparation de l'eau par décantage. Si l'on n'emploie pas ces méthodes, il reste à empêcher que les dépôts ne prennent une forme adhérente. Pour cela on a proposé l'emploi de *désincrustants.* Le nombre de ceux-ci est multiple. M. Haton avec raison n'insiste pas sur ce sujet. En somme, on ne connaît pas jusqu'aujourd'hui de bons désincrustants, et l'ingénieur agira sagement en n'accueillant qu'avec une grande réserve les assertions des inventeurs au sujet de produits dont la composition est tenue plus ou moins secrète.

Très intéressant est le chapitre qui traite des *Explosions*. M. Haton en rattache les causes à quatre ordres principaux : 1° défauts d'établissement; 2° défauts d'entretien; 3° défauts de fonctionnement ; 4° causes fortuites.

Il les décrit en détail et s'étend plus particulièrement sur les plus dangereuses, c'est-à-dire celles qui sont causée par les altérations des tôles et par l'abaissement du niveau de l'eau dans la chaudière.

Il rappelle, en passant, l'importance du rôle attribué dans les explosions à l'eau surchauffée, à l'état sphéroïdal, etc. Ce sont là toutes questions qui sont loin d'être complètement élucidées.

Dans le chapitre qui a trait à la *Réglementation*, l'auteur se borne à reproduire les prescriptions des décrets du 30 avril 1880 et du 27 juin 1886, en les faisant suivre de commentaires et développements dont l'ingénieur peut tirer bon parti.

Les décrets exigent la présence sur tout générateur de divers *appareils de sûreté*. Ils sont décrits au chapitre LXIII. Comme saturateurs de vapeur, l'auteur cite les dispositions de Hirsch, de Belleville, de Labeyrie et de Pile. L'indicateur de niveau le plus sûr et le plus répandu est le *tube de niveau* en cristal. C'est aussi le plus simple, mais il convient toutefois qu'il soit bien proportionné, peu dilatable, et qu'il offre le maximum de conductibilité. L'auteur cite également l'indicateur magnétique de Lethuillier-Pinel. On emploie aussi des appareils à flotteur auxquels on adjoint un sifflet d'alarme. L'auteur aurait pu citer l'indicateur Ochwadt, qui obvie à quelques inconvénients du tube de niveau tels que : fragilité, difficulté de lecture par suite d'encrassement, indications fausses (parfois 0,10 par 1/000 atm.) quand il se produit des obstructions cachées, soit dans le haut, soit dans le bas du tube.

Parmi les appareils qui mesurent la pression, le *manomètre à air libre* est celui qui offre le plus d'exactitude. Il n'est plus employé aujourd'hui, à cause des hautes pressions atteintes dans les générateurs, mais il sert encore comme appareil de tarage. Le *manomètre Bourdon* bien taré est actuellement le plus répandu; parfois on le rend enregistreur. La *soupape de sûreté* consiste ordinairement en un simple clapet commandé par un levier à contrepoids, et par un ressort quand il s'agit de machines mobiles. L'ancienne formule réglementaire qui servait à déterminer la section de la soupape n'est plus imposée, mais elle peut encore être consultée utilement à titre de contrôle. M. Haton propose de la mettre sous la forme $D = 0.0264 \sqrt{\frac{S}{N + 0,607}}$, où

D exprime le diamètre en *mètres* et N *la pression effective en kilogrammes par centimètre carré,* afin, dit-il, d'employer des unités homogènes et conformes à la réglementation actuelle.

Avec le système de soupapes le plus simple, il se produit dans leur voisinage, au moment de la levée, des chutes de pression qui causent des ballottements et, en outre, la section d'écoulement peut se trouver insuffisante. M. Haton décrit diverses soupapes perfectionnées qui portent remède à cet inconvénient : tels sont les dispositifs Klotz, Codron, Dulac, Adams. Ajoutons que le système Klotz présente l'avantage important de rendre vaine toute tentative de surcharge.

Le chapitre LXIV traite de ce que M. Haton appelle la *source froide* ou *Condenseur*. Le lecteur y trouvera la description des divers appareils de condensation : le condenseur ordinaire, le condenseur à surface, l'aéro-condenseur de Fouché, le condenseur à air, le condenseur à eau récupérée de Grangé, enfin les condenseurs Létoret et Devillaine, employés surtout dans les machines d'exhaure, ainsi que les divers systèmes de pompes à air et d'éjecteurs.

Le cours se termine par la description des indicateurs de Watt, de Richard, de Marcel Deprez, etc., et de leur mode d'emploi.

L'éloge des travaux publiés par M. Haton a déjà été fait si souvent dans cette *Revue* que vraiment il semble superflu de faire ressortir davantage les qualités du fascicule que nous venons d'analyser. Il répond absolument aux autres parties du *Cours de machines* dont la clarté et la méthode ont été tant remarquées.

M. Haton excelle à résumer en peu de pages la matière de plusieurs chapitres. Il écarte les développements qui ne sont pas indispensables. C'est ce qui rend si aisée la lecture de ses travaux. Tout en étant concis, il ne laisse pas sans guide le lecteur désireux d'approfondir plus particulièrement l'une ou l'autre question. Il lui donne, pour ainsi dire à chaque pas, une nomenclature d'ouvrages à consulter. Ces notes si complètes ajoutent, sans contredit, beaucoup à la valeur intrinsèque de son *Cours de machines.*

ANDRÉ DUMONT.

II

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS :

I. CHEMINS DE FER. NOTIONS GÉNÉRALES ET ÉCONOMIQUES, par LÉON LEYGUE, ancien ingénieur auxiliaire des ponts et chaussées ingénieur civil. — 1 vol. in-8° de 605 pages. — Paris, Baudry et Cie; même maison à Liége, 1892.

II. CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE, par A. LÉVY-LAMBERT, ingénieur civil. — 1 vol. in-8° de 300 pages. — Paris, Lamirault, 1892.

I. A côté des ouvrages traitant à un point de vue purement technique, et avec tous les développements qu'elles comportent, des diverses parties de la science des chemins de fer, M. Lechalas a eu la très heureuse idée de faire figurer dans son *Encyclopédie* un volume renfermant toutes les notions relatives aux chemins de fer, dont la connaissance n'intéresse pas les seuls ingénieurs, mais encore tous ceux qui, à des titres divers, ont à s'occuper des exploitations de voies ferrées. Tels sont, par exemple, les membres des assemblées délibérantes qui ont à statuer sur les concessions à faire au nom de l'État, du département ou de la commune, et qui ne peuvent sainement se prononcer sur les cas qui leur sont soumis qu'après avoir puisé dans un recueil spécial des notions auxquelles ils sont généralement assez étrangers. Le livre de M. Leygue vient largement satisfaire ce besoin.

Après un historique sommaire des chemins de fer, l'auteur aborde l'examen des formalités et règlements relatifs à l'exécution des travaux. Cette partie de l'ouvrage est, bien entendu, purement documentaire. C'est un recueil complet de toutes les règles administratives qui président à l'ouverture de toute nouvelle ligne ferrée, depuis le classement et l'enquête d'utilité publique jusqu'à la réception des travaux.

L'auteur fait ensuite l'esquisse du développement du réseau français sous les divers régimes que lui a imposés le législateur depuis la période de tâtonnements (1823-1842) jusqu'à l'époque actuelle. Il met vivement en lumière les traits généraux des conventions successives qui ont eu pour but d'associer les forces de l'État à celles de l'industrie privée en vue de permettre l'extension de notre réseau, conventions dont les plus célèbres sont celles de 1842, œuvre de M. Legrand, celles de 1859, savamment élaborées par M. de Franqueville, et qui ont donné aux chemins de fer français leur véritable essor, et celles de

1883 auxquelles M. Raynal a attaché son nom et dont le régime dure encore. Une étude analogue est présentée, à la suite, pour les chemins de fer algériens et tunisiens. Il nous semble impossible de donner sous une forme plus succincte et plus nette le résumé de cette importante question, si souvent débattue, parfois par des gens à qui manquent les notions condensées ici par M. Leygue.

L'auteur se livre ensuite à une comparaison économique entre les chemins de fer, les routes et les voies de navigation intérieure. Sans entrer dans le détail de cette discussion qui serait en dehors du cadre de cette *Revue,* nous dirons que M. Leygue conclut à la supériorité des chemins de fer, sans méconnaître toutefois l'intérêt que présentent les voies de navigation actuellement existantes et, par conséquent, leur amélioration. A ce propos, il se rallie à la formule de M. Picard : « Ne rien négliger pour améliorer le réseau actuel de navigation et pour en perfectionner l'exploitation ; se montrer très sobre et très prudent dans l'ouverture des voies nouvelles. »

L'étude du prix de revient des transports sur rails est ensuite examinée en détail sous ses deux faces : prix de revient moyen d'un ensemble de transports et prix de revient d'un transport spécial. Elle est complétée par une série de tableaux annexes fournissant de nombreux exemples à l'appui des généralités de l'exposé.

Après une vue d'ensemble suffisamment développée sur les tarifs des chemins de fer, l'auteur examine l'influence que peut avoir leur abaissement. Il conclut en réclamant pour nos compagnies un peu plus de liberté et d'autonomie en échange d'une plus grande responsabilité de leurs recettes. « Mieux que l'État, dit-il, dont les réformes conservent toujours un caractère arbitraire, elles peuvent scruter attentivement les besoins et les ressources du pays, choisir avec intelligence les éléments de trafic qui présentent de l'élasticité et ménager des abaissements aux marchandises dont elles savent sûrement développer la circulation. »

Une des questions les plus délicates qui se posent en matière de chemin de fer est l'évaluation des recettes probables des lignes nouvelles. L'auteur fait connaître les méthodes principales usitées en France à cet effet (Michel, Cossmann, Baume,...) et fait ressortir l'importance des données que l'on peut retirer aujourd'hui de la statistique.

Il examine ensuite l'influence qu'exerce la voie sur la traction,

montrant comment les nécessités de celle-ci conduisent à limiter le rayon des courbes et les déclivités, et développant les méthodes (Amiot, Menche de Loisne, Baume, Schlemmer,....) qui permettent, en tenant compte de ces diverses circonstances, d'établir la longueur virtuelle d'une ligne qui doit intervenir dans la détermination du choix entre plusieurs tracés.

Un chapitre développé est consacré à la question aujourd'hui encore si controversée des chemins de fer à voie étroite. Après avoir fait ressortir l'intérêt qui s'attache à leur emploi pour les lignes secondaires, l'auteur fait une étude comparative entre les voies de 1 mètre et de $0^m,60$, étude dont il puise les éléments dans la littérature relative à cette question, déjà fort riche en raison des débats passionnés qui se sont livrés sur ce terrain.

M. Leygue, se plaçant au point de vue de l'achèvement de notre réseau d'intérêt local, conclut d'une manière générale à l'adoption de la voie de 1 mètre, la voie de $0^m,60$ devant être réservée pour des cas exceptionnels où des circonstances spéciales peuvent militer en sa faveur.

Le dernier chapitre est d'essence purement économique. L'auteur y donne un aperçu des avantages de toute sorte procurés par les chemins de fer et indique comment peut s'effectuer la mesure de leur utilité.

Le volume se termine par une longue série d'annexes contenant toutes les principales dispositions législatives ou administratives relatives aux chemins de fer.

En résumé, le livre de M. Leygue est une mine de renseignements précieux qui sera consultée avec fruit par tous ceux qui, à des titres divers, ont à s'occuper des questions si nombreuses et si complexes que soulève l'industrie des chemins de fer.

II. Nous ne saurions mieux faire, pour indiquer le but que vise l'ouvrage de M. Lévy-Lambert, que de reproduire ici les lignes par lesquelles débute son Avant-propos :

« Amené par notre profession à étudier tout récemment une des premières lignes à crémaillère auxquelles on ait songé en France, nous avons été frappé de l'absence de traités spéciaux relatifs à ce mode de locomotion.

„ Malgré les nombreuses applications faites à l'étranger, on ne trouve guère sur les chemins de fer à crémaillère que des monographies, et pas de livres didactiques résumant méthodiquement les principaux renseignements relatifs à ces voies nouvelles.

„ Notre but a été d'éviter à nos successeurs l'embarras dans

lequel nous nous sommes trouvé au moment de nos premières études.... »

C'est donc un traité complet des chemins de fer à crémaillère que s'est proposé d'écrire M. Lévy-Lambert. Disons tout de suite qu'il a suivi ce programme avec un soin scrupuleux, et que les hommes techniques lui sont ainsi redevables, en ces matières spéciales, d'un guide dont ils auraient auparavant vainement cherché l'équivalent.

On sait quel est le principe des chemins de fer à crémaillère.

Les chemins de fer ordinaires, basés sur le principe de l'adhérence, ne sauraient se prêter à l'adoption de déclivités supérieures à une certaine limite qui varie suivant les machines, mais sans s'écarter beaucoup de 40 millimètres. Cela tient à ce que l'effort de traction augmente proportionnellement à la pente, tandis que la puissance disponible de la machine est la même quel que soit le profil du chemin. En outre, la charge utile que peut remorquer une machine décroît rapidement lorsque la déclivité augmente dans le court intervalle où elle doit rester comprise. Par exemple, les machines de rampe de la Compagnie P.-L.-M., pesant en service $51^t,2$ et qui, à la vitesse de 30 kilomètres, remorquent environ 23 fois leur poids, ne peuvent plus traîner à peu près qu'une fois et demie celui-ci à la même vitesse sur une rampe de 30 millimètres.

Lors donc qu'on a à racheter une forte différence de niveaux sur un faible parcours, comme cela se présente soit en pays de montagnes, soit à l'intérieur de certaines villes au relief accidenté, on doit, de toute nécessité, recourir à un autre principe qu'à celui de l'adhérence pour faire progresser un train sur une voie ferrée. De là l'emploi de la crémaillère.

Fait bien remarquable, on revient, en ce faisant, à un procédé qui, au début de l'industrie des chemins de fer, avait été proposé même pour les lignes en plaine. La machine de Blenkinsop, construite en 1811, reposait sur ce principe. Ce n'est qu'en 1813, alors que Blackett eut montré que la simple adhérence était suffisante pour permettre le mouvement de la locomotive, que l'idée de la crémaillère fut abandonnée.

Dans une introduction de quelques pages, M. Lévy-Lambert met en évidence les considérations générales d'où résulte, dans des cas parfaitement déterminés, l'obligation de recourir à la solution des chemins de fer à crémaillère.

L'exposé proprement dit comprend quatre chapitres.

Le chapitre 1er débute par un résumé historique qui marque

l'origine de ce mode spécial de locomotion et en fait ressortir le rapide développement. Il va de soi que ce type de chemin de fer devait naître en pays de montagnes. C'est, en effet, au cœur de la Suisse que nous en voyons faire la première application européenne, par M. Riggenbach, savant ingénieur dont le système a servi de prototype à la plupart de ceux qui ont été proposés depuis lors. Parmi les variétés qui en ont été imaginées, il convient de citer le système Abt, qui se distingue, d'une part, par la nature de la crémaillère (dents de scie en acier remplaçant les échelons), de l'autre, par ce fait qu'en outre du mécanisme à roues dentées, la machine est pourvue d'un mécanisme à adhérence commandé par un moteur indépendant.

Il y avait en exploitation, en 1890, 28 chemins de fer du système Riggenbach, et en 1892, 18 chemins de fer du système Abt.

Un chemin de fer d'un système spécial (Locher) a été ouvert en 1888 pour l'ascension du Mont-Pilate.

L'auteur indique dans quelles conditions de tracé est applicable la crémaillère. Il estime qu'il n'est pas prudent, à moins d'artifices spéciaux, de donner aux courbes un rayon inférieur à 100 m., et que la pente, qui doit être d'au moins 40 mm. pour que l'emploi de la crémaillère soit justifié, ne saurait guère dépasser 250^{mm}.

Au Mont-Pilate, il est vrai, on a des pentes de 480^{mm}, mais il a fallu dès lors substituer à la crémaillère ordinaire une crémaillère d'un genre spécial dont l'adoption constitue la caractéristique du système Locher.

Pour compléter ces généralités, l'auteur a eu la très heureuse idée de donner la description du tracé d'un grand nombre de lignes à crémaillère actuellement en exploitation. C'est, en effet, en se référant à ces exemples qu'on aura le plus de chance de trouver la solution applicable à quelque nouveau cas.

Il signale enfin divers types d'ouvrages d'art empruntés à ces lignes, mais qui n'offrent guère d'autres particularités que l'inclinaison de leur profil supérieur.

Le chapitre II est consacré à la voie et à la crémaillère qui en fait partie intégrante, le chapitre III au matériel roulant (machines et wagons), le chapitre IV à l'exploitation.

Ces diverses matières sont d'essence trop technique pour que nous songions à entrer ici dans aucun détail à leur sujet. Disons toutefois, à titre d'observation générale, que M. Lévy-Lambert nous semble avoir réuni là tous les renseignements qu'a permis

de recueillir l'expérience acquise jusqu'à ce jour. Aucun type de crémaillère, non plus qu'aucun type de machine, ne paraît avoir échappé à son exposé à la fois très sobre et très net.

Les renseignements relatifs à l'exploitation sont un peu plus sommaires. Mais l'auteur s'en excuse dans son Avant-propos, les données statistiques faisant un peu défaut sur ce point. Il supplée d'ailleurs à ce que les généralités de cet ordre peuvent avoir d'incomplet, en donnant, sous forme d'annexes, les comptes d'exploitation d'un certain nombre de lignes à crémaillère actuellement en fonctionnement régulier.

On peut dire en somme qu'aucun des résultats acquis aujourd'hui à la science encore toute récente des chemins de fer à crémaillère n'a été omis dans le livre de M. Lévy-Lambert. C'est par suite une grammaire complète de cet art nouveau qu'il offre aux ingénieurs.

M. D'OCAGNE.

III

PREMIERS PRINCIPES D'ALGÈBRE, PAR LAISANT ET ÉLIE PERRIN. — 1 vol. in-8° de 345 pages. — Paris, Delagrave, 1892.

Il est souvent plus difficile de débarrasser l'esprit d'une idée fausse dès longtemps enracinée que d'y faire pénétrer une idée nouvelle. De là l'importance qu'acquiert l'enseignement des premiers éléments d'une science, surtout d'une science abstraite comme l'algèbre. Aussi doit-on payer un tribut de reconnaissance aux hommes d'une valeur scientifique reconnue qui ont le courage de s'arracher momentanément à leurs études favorites pour revenir aux principes les plus élémentaires de la science et s'ingénier à en perfectionner le mode d'exposition sous le rapport de la méthode, de la rigueur ou de la clarté.

On doit à cet égard une mention spéciale au petit livre que viennent de faire paraître M. Laisant, dont les travaux originaux sont tant appréciés par le public savant, et M. Élie Perrin, un distingué professeur de l'enseignement secondaire spécial.

Nous ne saurions évidemment donner ici une analyse détaillée de cet ouvrage, dont le principal intérêt est surtout d'ordre pédagogique. Il nous suffira de dire qu'il comprend le calcul littéral, les équations du 1er et 2e degré, les progressions et les logarithmes.

Nous signalerons toutefois certaines particularités qui nous

paraissent mériter d'être mentionnées. C'est, en premier l'impression en caractères spéciaux des définitions et des r que l'élève doit se graver dans la mémoire, indépendammen développements ou des démonstrations qui s'y rattachent; l'emploi systématique de tableaux synoptiques pour toute discussions, le soin tout particulier avec lequel sont prés les premiers principes relatifs aux équations, et, notam l'introduction, sous une forme d'ailleurs tout élémentaire, notion de fonction généralement laissée en dehors des ouv de ce genre, bien qu'elle forme la base de l'analyse m matique. Il convient enfin de signaler le choix des exercice nombre de plus de 1200, et d'une extraordinaire variété constitueront pour les professeurs une mine des plus précie Il est remarquable qu'un certain nombre de ces exercices empruntés aux plus grands maîtres de la science, notam à Euler.

Les auteurs ont rejeté dans un appendice quelques ques qui sortent du cadre de l'enseignement ordinaire, mais qui pourtant susceptibles d'être traitées par des procédés tou mentaires. On y trouve, entre autres, les premières notio précieuses, relatives à la représentation graphique des fonc la formule du binôme établie au moyen du triangle arithmé de Pascal, les formules des permutations, des arrangeme des combinaisons, l'indication de l'emploi de l'échiquier la démonstration de certaines formules numériques, etc....

Le livre de MM. Laisant et Élie Perrin ne tardera pas à pr place parmi les classiques de l'enseignement secondaire.

M. D'OCAGNE

IV

DE LA DISPARITÉ PHYSIQUE ET MENTALE DES RACES HUMAIN DE SES PRINCIPES, par FRANÇOIS SOUFFRET, docteur en philos et lettres, professeur d'histoire et de géographie à l'At royal de Namur. — Grand in-8° de 322 pp. — 1892, Paris, Alcan.

Beaucoup d'érudition ; une bonne part de vérités qu'a drissent un plan préconçu et un esprit systématique ; don le tout, des tendances déterministes très accusées ; tel jugement que l'on peut, croyons-nous, porter sans injusti ce livre après l'avoir parcouru.

L'auteur, considérant que, au-dessous des sociétés civilisées, se placent un nombre considérable d'hommes vivant à l'état barbare ou même sauvage, dont la vie est pour ainsi dire individuelle en ce sens que " l'on ne voit pas qu'un individu ajoute quelque chose à l'héritage transmis „ (1) ; n'admettant pas d'ailleurs, et avec raison, que seules les conditions matérielles de sol, de climat, d'altitude et de latitude, suffisent à expliquer des différences aussi profondes au sein de l'humanité ;—l'auteur prétend démontrer que, entre les races parvenues à la civilisation et celles qui sont restées à l'état sauvage, entre l'Européen et l'Australien, par exemple, il existe un abîme infranchissable " qu'aucune influence physique ou morale ne saurait combler „ (2).

Ainsi, tandis qu'en grande majorité nos naturalistes ne veulent voir entre la bête et l'homme qu'une différence de degré, d'où résulterait le fait du passage insensible de la brute à l'être intelligent, voici, à un pôle opposé, un savant qui prétend établir, entre deux ou plusieurs classes de l'humanité, cette différence irréductible que la vérité place seulement entre la nature humaine tout entière d'une part, et la nature animale de l'autre.

Est-ce à dire que M. François Souffret assimile les races inférieures à l'animalité ? Non ; il ne va pas jusque-là ; mais il ressort de son travail que, dans le fond de sa pensée, il partage le genre humain au moins en deux types spécifiques distincts et séparés. Souvent, en exposant les caractères de différentes races, il se sert du mot *espèce* (3). Il parle même, vers la fin de son livre (p. 302), d'un grand nombre d'*hybrides* issus de deux *espèces* différentes. Et comme il juge qu'il y a là une " objection sérieuse „ contre le " principe de la disparité indélébile des races „, il s'efforce de démontrer, en s'appuyant sur Georges Pouchet et sur M. Delbœuf, auteur de *La Matière brute et la matière vivante,* que la fusion des races est impossible, que la fécondité des *métis* est très limitée, ou bien que les générations nouvelles qui en sont issues ne tarderont pas à rentrer dans l'un des types primitifs.

Cette partie de l'argumentation du savant auteur est assez faible. Nos lecteurs ont déjà remarqué l'emploi impropre du mot *hybride,* logique cependant sous la plume de l'auteur, puisqu'il le donne comme conséquence de l'union entre *espèces* différentes.

(1) *Races humaines,* Préface.

(2) *Ibid.*

(3) " Les causes d'inégalité sont inhérentes à la nature de l'homme ; *elles tiennent à des différences d'espèces.* „ — RACES HUMAINES, p. 297.

Puis, un peu plus loin, il reprend le mot *métis,* vrai en soi, mais impropre de sa part. Peu importe d'ailleurs. Les faits qu'il cite d'après Pouchet, ou reposent sur des *on dit,* ou tiennent à des circonstances particulières, et ne prouvent absolument rien contre cette loi générale qui embrasse la vie organique tout entière depuis l'homme jusqu'à l'herbe des champs, loi d'après laquelle les *métis,* c'est-à-dire les produits de croisements entre *races* différentes d'une même *espèce,* sont indéfiniment féconds et conservent les caractères mixtes des deux parents primitifs, tant que de nouveaux croisements avec d'autres races ne viennent pas les modifier. Tous les faits démontrent une telle loi, comme ils démontrent également l'impuissance de l'hybridité à former des espèces nouvelles. C'est peut-être parce qu'il avait un peu conscience de la chose que l'auteur s'est servi d'abord de l'expression " hybrides issus de deux espèces „, et revient un peu plus loin à celle, plus exacte, de *métis* issus de races différentes (1).

Ainsi la " sérieuse objection „ dont M. Souffret constate l'existence subsiste tout entière et suffirait à elle seule à ébranler son système par la base, au moins dans ce qu'il a d'excessif et d'inadmissible. Sans aucun doute, " les races comme les individus ont des aptitudes diverses „. On peut encore admettre, bien que ce soit plus contestable, que " toutes tendent vers un même idéal de perfection „, que " la distance à parcourir était originairement la même „ et que " seulement les routes sont différentes et les vitesses fort inégales „ (2). Il est en tout cas certain que l'influence du climat et du pays n'est que secondaire sur les aptitudes sociales de l'homme.

Mais de là à conclure que le principe fondamental des civilisations réside dans une " disparité originelle et indélébile des

(1) L'opinion de M. Delbœuf ne saurait prévaloir davantage contre les faits et semble provenir d'ailleurs, elle aussi, d'un plan préconçu. Ce savant est transformiste à sa manière, qui est l'opposé de celle de Darwin. Il veut que les espèces aient été *innombrables* à l'origine, mais moins différenciées qu'aujourd'hui ; autant d'espèces que d'individus ! La transformation provient de ce que " le semblable ne peut jamais engendrer un semblable de tout point „ ; elle procède ainsi par réduction et caractérisation progressive, résultant de l'exercice même de la vie. — On comprend que pour qui professe un pareil système, la persistance indéfinie des types produits par le métissage soit gênante et qu'il soit plus commode de la nier. Un tel système conduit logiquement à la négation du monogénisme, et c'est pourquoi M. Delbœuf paraît à M. Souffret " être sur le chemin de la vérité „. J. Delbœuf, *La Matière brute et la matière vivante*, Paris, Alcan.

(2) P. 305.

caractères distinctifs des races „ (1) (autrement dit avec plus de clarté, dans le polygénisme), il y a précisément cet abîme que M. Souffret voudrait établir entre les races hamaines elles-mêmes.

Parmi toutes les causes qui influent sur la marche et le degré des civilisations humaines, dans le progrès comme dans le déclin, il y a un facteur que M. Souffret a, nous ne dirons pas négligé, car il le mentionne comme les autres, mais dont il a méconnu l'importance, c'est l'élément religieux. Ce sont les croyances qui, vraies ou fausses, ou se rapprochant à des degrés divers de la vérité ou de l'erreur, exercent l'influence prépondérante sur l'état et le mode d'existence des sociétés humaines.

Quand l'auteur se demande comment il se fait que les Arabes et les Mongols, " qui avaient sur les peuples soumis la supériorité que donnent le pouvoir et la richesse „, se soient laissés devancer dans les sciences et dans les arts (2), — on peut lui répondre que le fatalisme des uns, l'aspiration des autres au néant, le prosélytisme par le sabre de ceux-ci et de ceux-là, portaient en soi un germe d'irrémédiable décadence qui, une fois passée la période de conquête, devait tôt ou tard amener dans leurs sociétés une période d'abord stationnaire et bientôt régressive ; et cependant les peuples dont ces fausses croyances ne viciaient pas le génie, suivaient progressivement les voies d'une civilisation de plus en plus développée.

Quand, un peu plus loin, le savant écrivain nous dit que " des Blancs élevés dans les principes du christianisme possédaient, dans les colonies, des esclaves qui étaient traités plus durement qu'à Rome et qui étaient condamnés à des supplices épouvantables ; „ quand il ajoute que les Européens y ont un harem comme les riches Orientaux, et que les femmes elles-mêmes, jalouses des belles esclaves, les mutilent odieusement, et affichent d'ailleurs " dans leurs paroles et leur conduite une impudence qu'on ne peut point dépasser „ (3) ; paraissant rendre ainsi le christianisme responsable de ces crimes et de ces désordres; — nous lui répondrons qu'il n'est pas d'une bonne logique d'imputer à une législation les attentats commis en violation et au mépris des prescriptions édictées par elle. Si le savant écrivain nous répondait qu'il a voulu seulement prouver que la religion chrétienne, pas plus que les autres, n'est capable de rendre

(1) P. 306.
(2) P. 297.
(3) P. 301.

les sociétés morales et honnêtes, la réplique serait facile : ce n'est point par les petits côtés et par des faits particuliers qu'on peut juger de l'influence d'une doctrine sur l'humanité, mais seulement par les faits généraux et par les vues d'ensemble. Or, *prises en masse,* les sociétés chrétiennes sont incontestablement d'une élévation morale et d'un sentiment de l'honneur beaucoup plus élevés que les sociétés bouddhiques, brahmaniques, musulmanes et autres ; et personne ne peut contester sérieusement et de bonne foi que l'adoucissement considérable des mœurs des nations occidentales relativement à l'antiquité, ne soient dues à l'action lente mais incessante du christianisme, depuis plus de dix-huit siècles qu'il travaille à toucher les cœurs et à élever les âmes.

Nous aurions à relever bien d'autres exemples et à réfuter bien d'autres raisonnements. Ce qui précède suffit à faire connaître dans quel esprit a été conçue et rédigée l'étude qui nous occupe. L'auteur y a dépensé, comme nous l'avons dit, énormément d'érudition et beaucoup de talent, encore que certaines de ses assertions de fait nous aient paru contestables. Mais un grand nombre de ses jugements sont justes en soi et ne pèchent que par les conséquences forcées que l'auteur veut en tirer. Informé d'avance de celles-ci, et ainsi mis en garde contre des déductions hasardées et des conclusions exagérées ou intrinsèquement fausses, le lecteur suivra avec intérêt et profit le tableau que trace l'auteur des différences qui existent entre les types ethniques, du développement physique, intellectuel et moral des diverses races en une époque donnée de l'histoire, avec la réfutation des systèmes explicatifs de Montesquieu, de Herder et de Trémaux. C'est surtout dans la troisième et dernière partie de l'ouvrage, où M. Souffret prétend " dégager les causes de l'inégalité du développement des facultés chez les différentes races humaines ", que l'écrivain prête le flanc à la critique, bien que les tendances de son esprit se laissent voir dès les premières pages de son livre.

C. DE KIRWAN.

V

LES ALTÉRATIONS DE LA PERSONNALITÉ, par ALFRED BINET, directeur-adjoint du laboratoire de psychologie physiologique de la Sorbonne (Hautes Études). — In-8° de VIII-325 pp. — 1892. Paris, Félix Alcan.

De nos jours, quand, par suite de la découverte de faits récents, non encore constatés, un champ nouveau vient de s'ouvrir aux investigations de la science, la disposition aventureuse de certains esprits les porte à tirer des conséquences à perte de vue des premières observations auxquelles ils se sont livrés. Puis, à mesure que la nouvelle science progresse, prend une assiette plus solide, découvre de nouveaux faits qui donnent des premiers une explication différente des conclusions hâtivement prises, les choses rentrent peu à peu dans leur ordre naturel, les aventureuses déductions finissent par s'oublier; et, d'un prétendu bouleversement général qui semblait devoir révolutionner l'esprit humain, il reste seulement un ensemble de connaissances acquises marquant une étape de plus dans la marche des intelligences vers la vérité : résultat plus modeste, mais plus sérieux et plus solide.

C'est ainsi que, de l'antiquité extravagante de centaines et de centaines de milliers d'années attribuée à l'existence de l'homme par une école anthropologique, antiquité à laquelle les fameux silex de Thenay auraient semblé, pendant un instant, donner quelque vraisemblance, — on en arrive aujourd'hui, par des séries d'observations et de calculs fondés sur des faits entièrement différents les uns des autres, à circonscrire cette antiquité entre les limites de dix et quinze mille ans au maximum.

Il arrivera très certainement quelque chose d'analogue au sujet des fameuses théories échafaudées sur les phénomènes du somnambulisme, de l'hypnotisme, de la suggestion et autres de même ordre. Faut-il croire que " la vieille philosophie ", " la vieille psychologie " sont désormais *vieux jeu*, pour employer un vocable à la mode, autrement dit vont tomber dans le domaine historique des erreurs passées, comme la théorie géocentrique de Ptolémée par exemple? Assurément non.

Telle serait cependant la conséquence indiquée, en d'autres termes, il est vrai, par M. Alfred Binet, dans la conclusion de son livre sur *Les Altérations de la personnalité*.

Les faits qu'il expose dans les diverses parties de cet ouvrage sont nombreux et passés au crible d'une soigneuse critique, et nous nous garderons bien d'en contester la scrupuleuse exactitude, la probité scientifique de l'auteur étant visiblement hors de cause. Mais, en les prenant tels qu'on nous les donne, autorisent-ils à en conclure que le *moi* humain " n'est point une entité simple ", mais une unité complexe, composée de plusieurs parties pouvant se manifester pathologiquement en autant de personnalités distinctes (1)?

Encore une fois non.

Que les faits sur lesquels s'appuie une telle conclusion aient été observés sur des somnambules naturels ou spontanés, ou bien mis artificiellement en cet état et paraissant impliquer chez le même sujet plusieurs personnalités successives; ou bien qu'ils aient été fournis par des hystériques se comportant individuellement comme plusieurs personnes dans le même temps; ou bien enfin que, par voie de suggestion, on obtienne sur les sujets en expérience des états analogues; la prétendue multiplicité des personnalités dans un même individu n'est et ne peut être qu'apparente.

Nous ne nous arrêterons pas à cette considération que les faits mis en avant sont des faits anormaux, maladifs, exceptionnels par conséquent; car, d'une part, l'auteur consacre un chapitre à soutenir que les phénomènes intenses observés chez les hystériques peuvent s'observer aussi, quoiqu'à un degré incomparablement plus faible, chez les sujets sains; et, d'autre part, il est des lois qui ne supportent pas l'exception, parce que celle-ci impliquerait la possibilité d'un état différent de l'état essentiel de l'être : dès lors il y aurait toujours doute ou incertitude, car si la personnalité, le *moi*, pouvait se dédoubler réellement en certaines circonstances spéciales, provoquées ou spontanées, ce serait donc que la simplicité, l'unité vraie, ne serait pas essentielle à sa nature.

Mais autre chose est la constatation des faits, autre chose leur interprétation. Or, dans cette interprétation, l'auteur ne tient pas assez compte de la complexité du composé humain, à la fois intelligence et organisme vivant, l'un et l'autre associés de telle sorte que le jeu régulier de celui-ci est la condition indispensable du développement et des manifestations normales de celle-là. D'où il suit qu'un morcellement des facultés organiques (dans

(1) *Les Altérations de la personnalité*, p. 316.

lesquelles sont comprises l'imagination et la mémoire), peut avoir pour effet, chez une seule et même personne, de la faire penser et agir comme plusieurs personnes différentes, non point parce que sa personnalité se serait dédoublée comme on veut le prétendre, mais parce que les défaillances de sa mémoire et de son attention lui ont fait perdre, dans telles circonstances données, la notion du lien qui établit son identité. " On dirait, comme le fait remarquer M. Domet de Vorges, que le cerveau se partage alors en plusieurs compartiments étanches; dans chacun se produit une série d'actes inconnus des autres " (1).

Quand M. Binet avance que " le fait primitif " dans le dédoublement apparent de la personnalité d'un même individu, " c'est la désagrégation des éléments psychologiques " (2), il n'énonce pas une proposition fausse, mais seulement une vérité incomplète : il ne s'agit pas ici de *tous* les éléments psychologiques, mais des éléments psychologiques *sensitifs*. Or ces éléments, qui dépendent du cerveau et sont, non pas certes la cause, mais la condition de l'exercice des facultés purement intellectuelles, ces éléments étant *désagrégés*, pour employer l'expression de l'auteur, il n'est pas étonnant que les opérations intellectuelles qui s'y rattachent soient elles-mêmes morcelées et paraissent indépendantes les unes des autres, comme si, en effet, elles provenaient de plusieurs personnes différentes.

Il est vrai que cette explication ne saurait être admise si l'on considère la mémoire comme une faculté purement intellectuelle. Mais si l'on admet, comme c'est la vérité, que la mémoire est avant tout un phénomène de la sensibilité, relevant des conditions organiques du cerveau, et qu'elle ne revêt le caractère intellectuel que par une intervention spéciale de l'intelligence et de la volonté, tout peut s'expliquer comme il vient d'être dit plus haut, et le phénomène de plusieurs personnalités se développant chez un seul et même individu n'est qu'apparent : ce n'est pas la personnalité qui se morcelle, ce sont les éléments conditionnels de son entrée en acte.

D'après la psychologie traditionnelle, nous ne connaissons pas le *moi* directement, mais seulement par ses actes. Si, par suite d'un cause pathologique ou autre, ces actes se produisent indépendamment les uns des autres et sans être logiquement reliés par la mémoire, on comprend aisément que le moi, se connais-

(1) Cf. Domet de Vorges, *La Perception et la psychologie thomiste*, p. 80.
(2) *Les Altérations*, p. 315.

sant par des regards séparés et sans lien entre eux, perde de vue leur dépendance réciproque. « Toute méprise sur la personnalité — c'est encore M. de Vorges qui parle — serait impossible, si nous connaissions notre âme dans sa propre nature » (1).

C. DE KIRWAN.

VI

SYNOPSIS DER HÖHEREN MATHEMATIK VON JOHANN G. HAGEN, S. J., Director der Sternwarte des Georgetown College, Washington, D. C. Erster Band. Arithmetische und algebraische Analyse. — Berlin, Verlag von Felix L. Dames, 47, Tauben-Strasse, 47, MDCCCXCI. — Un volume grand in-4° de VIII-399 pages.

« L'œuvre entreprise par le R. P. Hagen est à la fois colossale dans le travail qu'elle réclame, d'une importance considérable par son utilité indiscutable, enfin véritablement neuve comme conception.

« Tout homme qui s'adonne aux sciences mathématiques finit par se concentrer dans un cercle assez étroit, science pure ou applications. Mais il arrive à chaque instant qu'il rencontre, dans son propre domaine, des questions dont l'étude réclame des éléments qui lui sont étrangers, soit parce que ces éléments n'étaient pas classiques au temps de ses études, « soit parce qu'ils appartiennent à une partie élevée de la science. » Alors, pour se mettre au courant, que de recherches et de temps perdu !

« L'ouvrage que nous annonçons remédie à ce mal. Tous les résultats acquis dans les hautes mathématiques « jusqu'à une certaine limite que nous signalerons plus bas, » sont ici groupés avec ordre, de façon qu'on s'y oriente avec une grande facilité. Les définitions sont données et expliquées, les théorèmes énoncés ; il ne manque que les démonstrations, et d'abondantes indications bibliographiques permettent au lecteur de les trouver à bonne source. Partout le fil logique reste apparent, ce qui distingue cet ouvrage d'un pur dictionnaire ou recueil de formules. Une foule de notes critiques ou historiques en rendent la lecture plus intéressante. »

(1) Domet de Vorges, *loc. cit.*

Cette appréciation du regretté Gilbert, publiée l'an dernier dans la *Revue bibliographique belge* (30 septembre 1891, p. 367), donne une idée générale très exacte de l'Encyclopédie publiée par le R. P. Hagen, sauf qu'elle ne fait pas connaître les limites entre lesquelles l'auteur a dû forcément borner sa tâche. En général, il s'en est tenu aux sujets exposés dans les meilleurs Traités et dans les Mémoires devenus classiques; il fait connaître pour chaque matière les principaux résultats acquis et, ce qui est très utile, il signale les lacunes qui restent à combler. L'historique de chaque théorie peut se refaire au moyen des innombrables renseignements bibliographiques contenus dans les diverses sections de l'ouvrage. Ces renseignements ont été empruntés aux traités et aux mémoires utilisés pour la composition de l'ouvrage; mais toutes les citations, aussi bien celles des grands mathématiciens depuis Euler que celles des recueils périodiques ont été vérifiées, chaque fois que la chose a été possible.

La *Synopsis* systématique et historique du R. P. Hagen est divisée en douze sections que l'on peut grouper en quatre parties :

Théorie des nombres (nombres entiers, quantités complexes, combinaisons); théorie des séries (séries, produits infinis, fractions continues; différences et sommes); théorie des fonctions, des déterminants, des invariants et des substitutions; théorie des équations.

Nous allons donner l'indication des matières traitées dans chacune de ces douze sections, en traduisant les titres des chapitres dans lesquels elles sont subdivisées.

I. *Théorie des nombres entiers* (pp. 1-42). 1. Décomposition des nombres en sommes : partitions, décompositions en nombres polygonaux, particulièrement en carrés (par exemple, en cinq carrés, sujet sur lequel est cité même le mémoire assez récent de Smith), en formes quadratiques; fractions décimales, avec l'indication des tables les plus récentes de ces fractions. 2. Décomposition en facteurs; indication des tables; propriétés de la fonction $\varphi(m)$. L'auteur dit trop peu de chose des nombres parfaits. 3. Forme et nombre des nombres premiers. L'auteur indique les principaux travaux sur ce sujet difficile, en oubliant de signaler Euclide et le mémoire de Gram (*Mém. de l'Ac. de Copenhague*, 1884), suite et complément de celui de Riemann. 4. Congruences arithmétiques. 5. Résidus. Théorèmes de Fermat et de Wilson.

6. Résolution des congruences. 7. Congruences du premier degré (nombreuses méthodes; soit dit en passant, celle de Poinsot n'a pas vraiment été démontrée par son auteur). 8. Congruences simultanées. 9. Congruences binômes. Racines primitives. 10. Congruences quadratiques. Résidus et non résidus. Au point de vue historique, il y a ici une petite lacune : Kronecker (*Monatsberichte* de Berlin, 22 avril 1875, pp. 267-274), a montré qu'Euler a trouvé le premier l'énoncé complet de la loi de réciprocité; selon nous, elle devrait porter son nom, ou celui de Gauss qui l'a démontrée. Il faudrait aussi citer ici le mémoire (*J. de Schlömilch, XXX, 1887*), où Baumgart a analysé la plupart des démonstrations de cette loi célèbre (celles de Schaar exceptées), ainsi que les travaux récents de Kronecker et de Lucas. 11. Indices ou exposants. 12. Congruences algébriques, jusques y compris la théorie des racines imaginaires de Galois. N'y a-t-il pas sur ce sujet d'autres travaux de Dedekind que celui qui est cité p. 37?

II. *Théorie des quantités complexes* (continues ou discontinues) (pp. 43-54). 1. Définitions. Il y a ici une appréciation historique que nous ne partageons nullement. L'auteur fait observer avec justice que c'est Argand qui a inventé, en 1806, la représentation géométrique des imaginaires, en même temps que Buée; qu'il a encore exposé la même chose plus tard (1813-1815), dans les *Annales de Gergonne;* mais il ajoute que c'est Gauss qui l'a fait connaître d'une manière générale dans un article bibliographique où il annonçait l'un de ses propres ouvrages, le 23 avril 1831. Nous doutons fort que l'article anonyme de Gauss, sur un sujet très difficile, la théorie des résidus biquadratiques, enfoui dans un recueil non spécialement mathématique et rédigé en allemand, ait eu sur les géomètres l'influence des articles beaucoup plus accessibles d'Argand publiés en 1813, dans le seul grand journal de mathématiques qui existât alors. Dès 1828, Mourey faisait paraître, d'après les idées d'Argand, sa *Vraie théorie des quantités négatives et des quantités prétendues imaginaires,* ce qui prouve que la conception d'Argand était descendue même dans le domaine de l'enseignement élémentaire. 2. Nombres complexes de Gauss. 3. Nombres complexes de Kummer. 4. Nombres complexes généraux.

Les sujets abordés dans cette seconde section et les ouvrages cités, qui comptent parmi les écrits les plus profonds que l'on ait jamais publiés sur les mathématiques (par exemple, les *Grundzüge* de Kronecker), montrent dans quel esprit élevé est conçue la *Synopsis.*

III. *Théorie des combinaisons* (pp. 55-68). 1. Permutations. 2. Combinaisons. 3. Arrangements ou plutôt permutations à deux indices. 4. Propriétés des coefficients binômiaux. 5. Somme des coefficients binômiaux. Dans le dernier chapitre plusieurs formules appartiennent à l'auteur.

IV. *Théorie des séries* (pp. 69-113). Cette section est l'une des plus importantes de la *Synopsis* et l'une de celles qui contiennent le plus de renseignements précieux. L'auteur indique au début comme ouvrages principaux consultés le *Calcul différentiel,* d'Euler ; le *Traité des différences,* de Lacroix; le *Traité élémentaire des séries,* de Catalan; les *Résumés analytiques* et l'*Analyse algébrique,* de Cauchy, enfin l'*Histoire des séries,* de Reiff; mais il s'est beaucoup servi, dans son exposition, d'un grand nombre d'autres écrits et en particulier de ceux de Pringsheim. On peut regretter qu'il n'ait pas connu ceux de Cesáro, si remarquables au point de vue de la rigueur et de la précision. Nous aurions voulu aussi voir employer les désignations suivantes : *Série indéterminée* (Olivier, Catalan) = série non convergente, où la somme de n termes n'a pas une limite infinie ; *équiconvergente* (Gilbert) = Gleichmässig convergent ; *semi-convergente* (Jordan) = bedingt convergent ; *série pseudo-convergente* = série convergente en apparence seulement, comme la série de Stirling, et que Legendre *(Exercices de calc. int.,* 1811, p. 394) appelait *demi-convergentes (halbconvergente Reihe* de la *Synopsis,* IV, I, A, n° 3, p. 70).

Voici le détail des matières traitées dans la quatrième section : 1. Convergence et divergence : définition; conditions générales (il aurait fallu donner ici le criterium général de Cauchy, qui est insuffisant dans le sens critiqué par Catalan, mais nécessaire et suffisant quand on l'entend dans le sens de Cauchy. Voir notre *Résumé du Cours d'analyse infinitésimale de l'Université de Gand,* pp. 234-241, ou Bertrand, *Algèbre,* t. II, pp. 3-4); criteriums spéciaux; séries imaginaires ou multiples; transformation des séries. 2. Calcul des séries : addition, multiplication, division, élévation aux puissances, extraction de racines, logarithme d'une série, dérivation et intégration (incomplet); usage des séries divergentes. 3. Séries arithmétiques. Quelques formules seraient plus simples si l'auteur employait la notation $\nabla^n u$ pour u_n. 4. Séries harmoniques : du premier ordre, constante d'Euler; d'ordre supérieur; fonctions de Bernoulli; nombres de Bernoulli (on pourrait signaler ici les démonstrations de la formule de V. Staudt, données par Lucas et Cesáro). 5. Séries

ordonnées suivant les puissances de la variable : convergence et continuité ; séries récurrentes ; séries géométriques ; séries hypergéométriques ; séries dont chaque terme est une partie aliquote du précédent. 6. Développement des fonctions en séries : Théorèmes généraux de Cauchy, Taylor, Maclaurin, Lagrange, Liouville ; séries binômiale, exponentielle ; série logarithmique ; séries trigonométriques, nombres d'Euler ; théorème de Lindemann sur π. Pourquoi n'est-il rien dit ici du théorème analogue de Hermite sur e ?

V. *Produits infinis et facultés* (114-124). 1. Produits infinis : convergence ; développements des fonctions en produits infinis ; transformation en série. 2. Facultés : définitions, formules fondamentales, transformation en série. 3. Factorielles ; ici plusieurs propriétés de la fonction gamma.

VI. *Fractions continues* (125-141). 1. Définition. 2. Réduites. 3. Réduites secondaires. 4. Convergence. 5. Inversion et symétrie. 6. Fractions continues périodiques. 7. Développement des fonctions et des séries en fractions continues. 8. Fractions continues d'ordre supérieur. 9. Fractions continues ascendantes. Sauf erreur, on ne trouve pas cités dans ce chapitre, ni l'important Mémoire de Hermite *Sur la fonction exponentielle* (1873), ni l'excellent manuel de Possé, *Sur quelques applications des fractions continues* (Pétersbourg, 1885).

VII. *Différences et sommes* (142-171). 1. Différences. Ici surtout la notation par le delta renversé aurait rendu plusieurs formules plus intuitives. 2. Sommes. 3. Interpolation (la formule de Newton pour des ordonnées équidistantes *ou non*, est déjà dans les *Principes*. On peut aussi citer sur la matière les deux monographies de Merrifield et de Radau). 4. Équations aux différences, du premier ordre, linéaire ou non, du $n^{\text{ème}}$ ordre et linéaire, aux différences partielles, aux différences mêlées.

VIII. *Théorie des fonctions* (172-241). 1. Définitions relatives à la théorie générale des fonctions : fonctions rationnelles, irrationnelles, algébriques (définition trop étroite selon nous), transcendantes ; zéros, infinis, résidus. 2. Fonctions d'une variable complexe : définition ; dérivée (théorème fondamental trop peu précis), surfaces de Riemann. 3. Propriétés générales sur une surface de Riemann, en un point ordinaire, en un point de discontinuité, en un point d'embranchement. 4. Inversion des fonctions. 5. Déterminants fonctionnels. 6. Résultants et discriminants. 7. Fonctions homogènes. 8. Fonctions symétriques. 9. Fonctions alternantes. 10. Substitutions linéaires : matrices ;

substitutions quelconques, spécialement pour les fonctions bilinéaires et quadratiques ; substitutions orthogonales.

IX. *Théorie des déterminants* (215-228). 1. Définition. 2. Propriétés fondamentales : transformations, sommes, produits; déterminants bordés. 3. Mineurs. 4. Systèmes adjoints. 5. Déterminants spéciaux : symétriques, hémisymétriques, gauches, etc. Dans cette section, l'auteur aurait pu utiliser davantage les Mémoires, le *Treatise* et l'*History* de Muir.

X. *Théorie des Invariants* (219-280). Les auteurs cités en tête de la section sont Gordan, Salmon, de Bruno, Clebsch. L'introduction historique ne mentionne pas les invariants différentiels rencontrés d'abord par Ampère et Cauchy. 1. Représentation symbolique. 2. Substitutions linéaires; définition des invariants. 3. Propriétes fondamentales et équations différentielles. 4. Polarisation ; omégalisation. 5. Transvection partielle (Faltung) et transvection. 6. Émanants, combinants, évectants. 7. Types et formes associées. Représentation par des covariants doublement ou simplement binaires. 8. Systèmes complets. 9. Formes linéaires. 10. Formes quadratiques. 11. Formes quadratiques spéciales (de l'octaèdre, du tétraèdre, du cube, de l'icosaèdre d'après Klein). 12. Formes premières. 13. Formes cubiques. 14. Système d'une forme quadratique et d'une forme cubique. 15. Système de deux formes cubiques. 16. Formes biquadratiques. 17. Forme canonique et rapport anharmonique des formes biquadratiques. 18. Système d'une forme quadratique et d'une forme biquadratique. 19-22. Système complet, et représentation typique et canonique des formes du 5e et du 6e degré.

Cette section, où l'auteur a eu le courage de résumer les résultats établis dans les ouvrages fondamentaux cités au début et dans beaucoup de mémoires de Sylvester, Cayley, Klein, etc., devra être complétée, dans une seconde édition, par l'indication des travaux de Hilbert et de Deruyts. Il y aussi, croyons-nous, des écrits italiens sur la matière qui ne peuvent être passés sous silence.

XI. *Théorie des substitutions* (281-305), d'après Cauchy, Serret, Jordan, Netto, avec des indications sur les travaux de Lie. 1. Définition; ordre. 2. Décomposition; classe. 3. Espèces de substitutions, semblables, permutables, arithmétiques, géométriques. 4. Systèmes conjugués et groupes : définitions et théorèmes. 5. Indices des systèmes conjugués. 6. Représentation par des fonctions. 7. Groupes linéaires. 8. Groupes de substitutions des expressions algébriques.

XII. *Théorie des équations* (306-375). Les auteurs cités en tête de cette section sont Bézout, Waring, Galois, Serret, Jordan. 1. Définition. 2. Nombre des racines et racines égales. Les indications historiques relatives au théorème fondamental doivent être rectifiées et complétées. L'auteur ne distingue pas assez des autres les preuves qui peuvent revêtir une forme purement arithmétique, comme dit Kronecker (p. 308, dernière ligne: par une malheureuse faute d'impression, il y a, dans le texte, Weierstrass au lieu de Kronecker); telle est la seconde preuve de Gauss et celles qui lui ressemblent, par exemple, très probablement, celle de Walecki (1882), qui n'est pas citée; puis celle d'Argand, qui date de 1806 (elle a paru dans le livre cité, p.45, ligne 9), et que Lipschitz a rendue à peu près inattaquable. Cette preuve d'Argand n'est pas une transformée de celles de Gauss ou de Cauchy, contrairement à ce que dit le R. P. Hagen; mais les essais de démonstrations de Legendre, de Liouville et de Sturm ne diffèrent pas substantiellement du travail d'Argand. La théorie des racines égales est aussi beaucoup plus difficile qu'elle n'en a l'air, comme l'a vu Gauss (2e preuve) et comme il ressort des travaux de Kronecker. Selon nous, le point de vue arithmétique doit dominer de plus en plus la théorie des équations tout entière. 3. Composition des équations. 4. Fonctions symétriques. 5. Transformations. 6. Séparation des racines. N'aurait-il pas fallu dire ici un mot de la méthode des différences, améliorée par Choquet, et du théorème de Newton, généralisation de celui de Descartes? Remarquons aussi que Budan a trouvé, non seulement le théorème que l'on attribue souvent à tort à Fourier, mais aussi d'autres théorèmes très curieux qui ont peut-être suggéré à Cauchy ses recherches sur la séparation des racines imaginaires. Dans ce chapitre, la littérature relative au théorème de Sturm est bien résumée; toutefois le mémoire de Gilbert est oublié. 7. Résolubilité algébrique. Recherches de Lagrange, Abel, Galois, Kronecker, Jordan. 8. Résolution des équations algébriques : équations des quatre premiers degrés (d'après Serret, mais en tenant compte de Matthiessen); des équations réductibles aux quatre premiers degrés; équations du 5e degré et des degrés supérieurs; équations binômes; équations abéliennes générales et spéciales. 9. Résolution des équations numériques; racines rationnelles; racines irrationnelles. Nous pensons que la *regula falsi* a été exposée, pour la première fois, d'une manière générale, par S. Stevin: à propos de celle de Gräfe, on devra citer maintenant l'excellente dissertation de Carvallo.

10. Équations linéaires simultanées. A ajouter aux mémoires cités, celui de Rouché (*J. de l'Éc. polyt.*, 1880, cahier 48) et de Méray (*J. de Liouville*, 1884). 11. Équations simultanées de degré supérieur : degré de l'équation finale; calcul de cette équation; solutions communes. Les résultants de Sylvester et de Cauchy pourraient s'écrire d'une manière qui permettrait de mieux voir leurs propriétés, comme nous l'avons montré dans les *Bulletins de l'Académie de Belgique*, 1878-79. 13. Équations indéterminées.

Table des matières; table des principaux ouvrages cités; table alphabétique des sujets traités (14 pages in-4°); *errata* (377-399). Ces diverses tables sont extrêmement utiles, surtout la troisième qui permet de retrouver rapidement les renseignements dont on a besoin. Voici quelques additions à la table des auteurs, que nous soumettons à l'auteur pour une future édition de la *Synopsis* : 1° Baltzer, *Elemente der Mathematik;* Lucas, *Théorie des nombres;* Chrystal, *Algebra:* trois ouvrages où abondent les renseignements bibliographiques et dont les deux derniers sont très originaux. 2° Les traités ou manuels d'analyse de Jordan, Lipschitz, Peano, Thomae, qui contiennent un exposé plus rigoureux de la théorie des fonctions que celui de Briot et Bouquet, 3° Le *Giornale* de Battaglini pourrait être utilisé davantage; il serait bon de faire les citations d'Abel d'après la seconde édition de ses œuvres, plus complète et plus exacte que la première; enfin, dans la théorie des nombres, il y aurait lieu de citer les EULERI *Commentationes arithmeticae collectae* (Petropoli, 1849).

L'analyse qui précède, où nécessairement nous n'avons pu entrer dans quelques détails que là où nous avons l'une ou l'autre observation critique à faire, peut donner une idée du nombre immense de questions résumées par l'auteur; mais ce n'est que l'étude d'un chapitre déterminé qui révèlera au lecteur la valeur de cette encyclopédie systématique. On peut dire que c'est une carte presque toujours minutieusement exacte de cette province si étendue du domaine mathématique : l'analyse arithmétique et l'analyse algébrique.

La *Synopsis* est le résultat d'un travail colossal d'assimilation et de coordination que l'on ne peut donc trop recommander aux géomètres, à cause des renseignements sûrs vraiment innombrables qu'elle contient et des recherches et tâtonnements qu'elle leur épargnera.

P. MANSION.

VII

De la race et de la langue des Hittites, par Léon De L: heere. Mémoire présenté au second Congrès scientifique i: national des catholiques, tenu à Paris, au mois d'avril 189: Bruxelles, J. Goemaere, 1891. — In-8°, VIII-129 pp.

Le nom de M. Léon De Lantsheere, associé à celui des Hit rappelle sans doute à nos lecteurs un article qui parut en dans la *Revue des questions scientifiques,* sous ce titre : *Hitti Amorites* (1). Il y a, en effet, quelques années déjà que ı jeune et érudit confrère de la Société scientifique pou à ses heures de laborieux loisir, la solution du curieux prob ethnographique et linguistique posé au sujet des Hittites. possédons, dans le présent travail, le résultat de ses cons cieuses et très complètes investigations.

La question hittite passionne depuis longtemps les es dire le nombre des hypothèses qu'elle a soulevées serait c impossible. Rien qu'à citer les travaux auxquels elle a don jour, un bibliographe aurait besogne bien taillée. Mais que ser des espérances provoquées par les prétendues solutior problème? Grâce aux Hittites, on allait enfin éclaircir le my de l'origine des peuples caucasiens, soulever le voile qui cc le berceau de la nation étrusque, tracer les migrations des miers peuples de l'Asie mineure et relier l'art de la C ancienne au foyer de la civilisation orieutale. D'autres, audacieux, ont retrouvé dans la langue hittite l'accadien basque, dans l'alphabet les inscriptions sibériennes, les écri celtibérienne, cypriote, coréenne, les symboles des Mound- den et les pictographies mexicaines.

Dans ce fouillis d'hypothèses, le lecteur inexpérimenté mençait à perdre pied. Il était donc urgent de fixer des poin repère sûrs et de mettre de l'ordre dans l'ensemble des con sances positives qui sont acquises sur les Hittites. Voilà le qu'a voulu poursuivre M. De Lantsheere. Dès longt préparé à cette tâche, il l'a menée à bonne fin.

L'ouvrage se divise en trois parties : dans la première étudiées les sources dont nous disposons pour l'histoire Hittites; la seconde s'occupe de leur race et de leur langue; e

(1) Tome XXI, pp. 563-75.

dans la troisième, l'auteur développe longuement les conclusions certaines qui, à l'heure présente, se dégagent des recherches.

Les Hittites sont connus par la Bible, par les documents égyptiens et assyriens et surtout par les monuments hittites eux-mêmes. Il y a six ans, le compte rendu que nous faisions, dans cette même *Revue*, de l'ouvrage de M. Wright sur les Hittites, nous amenait à indiquer en détail l'ensemble des données que fournissent ces différentes sources (1). On nous permettra de nous reporter à ce précédent travail, et de n'insister que sur les faits nouveaux apportés par M. De Lantsheere. Le lecteur n'en jugera que mieux du progrès qui a été accompli.

M. De Lantsheere insiste beaucoup, et avec raison, sur l'importance de la découverte des fameuses tablettes de Tell-Amarna (2). En effet, ces documents mettent sous les yeux " la marche en avant des Hittites, qui cherchent dès cette époque à s'étendre dans la partie de la Syrie qu'ils occuperont plus tard. „

M. Wright publiait dans son ouvrage vingt-cinq planches d'inscriptions hittites. Depuis lors, l'expédition Humann et Puchstein en a mis au jour un grand nombre en Syrie, pendant que MM. Ramsay, Hogarth et Munro en découvraient d'autres en Asie mineure.

Pour ce qui concerne les monuments figurés, M. De Lantsheere a eu l'heureuse idée de les classifier par leurs détails caractéristiques : coiffures, vêtements, armes. Ce groupement facilite l'étude comparative. Il s'en dégage une première impression : tous ces monuments trahissent une parenté évidente. De là il n'y a qu'un pas à cette autre question : quel peuple a exercé cette influence ?

Mais d'abord y a-t-il lieu de parler de population, de race hittite ? M. De Lantsheere le pense, sans aller toutefois jusqu'à admettre l'existence " d'une race *homogène* répandue avec continuité depuis la Syrie jusqu'aux bords de la mer Égée. „ Toutefois, il faut bien supposer " un minimum de population de race hittite, existant au nord de la Syrie et étendant ses ramifications jusqu'au delà du Taurus. „ Du reste, les Égyptiens nous ont transmis dans leurs représentations figurées le type anthropologique du Hittite. En voici les traits caractéristiques : " front très déprimé, angle facial petit. Le nez, saillant et droit, forme une ligne presque continue avec le front;... l'œil est relevé à la chinoise. „

(1) *Revue des questions scientifiques*, tom. XX, 1886, pp. 22 sqq.
(2) *Ibid.*, janv. 1889, pp. 143 81 ; juill. 1889, pp. 79-98.

Avant de rechercher à quel groupe ethnologique se rattachent les Hittites, M. De Lantsheere passe en revue les hypothèses diverses émises sur leur langage. Il s'arrête principalement aux systèmes de MM. Sayce, Conder, Ball et J. Halévy. Ces deux derniers, qui font du hittite, le premier une langue aryenne, le second un idiome sémitique, sont résolument écartés. Sans approuver toutes les interprétations de MM. Sayce et Conder, M. De Lantsheere pense qu'il faut tenir compte de bon nombre des analogies proposées par eux.

Voici maintenant les conclusions que M. De Lantsheere croit pouvoir défendre au sujet des Hittites :

1° Les Hittites avaient un type physique spécial, fort différent du type des Sémites. Leurs propres monuments et les représentations égyptiennes fournissent à cet égard un témoignage irrécusable.

2° Une influence artistique et civilisatrice, partie des Hittites, et qui avait, à une certaine époque, son centre en Syrie, a rayonné, à travers l'Asie mineure, jusqu'aux confins de l'Europe.

3° La langue des Hittites était apparentée à celle des peuples de Gamgoum, Patin, Milid, Tabal et de la Cilicie; le syllabaire cypriote pourrait bien être dérivé des hiéroglyphes hittites.

4° Ce système hiéroglyphique, les Hittites l'ont inventé hors de la Syrie et avant le xve siècle.

J. G.

VIII

Traité théorique et pratique des moteurs a gaz, par Aimé Witz, ingénieur des arts et manufactures, docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des sciences de Lille. 3e édition, revue et considérablement augmentée. — In-8°, 435 pp. — Paris, E. Bernard et Cie.

M. Witz s'est attaché, depuis un grand nombre d'années déjà, à l'étude des moteurs à gaz. Ses recherches théoriques et expérimentales sur ce sujet ont donné aux nombreux écrits qu'il a publiés une haute valeur scientifique et pratique, dont l'importance est grandement appréciée par ceux qui s'intéressent aux progrès que fait chaque jour la machine à gaz sur son aînée, la machine à vapeur. Le mérite de l'auteur est du reste bien connu des lecteurs de cette *Revue*, dans laquelle il a publié de

nombreux articles; ajoutons que la Société industrielle du Nord de la France vient de lui décerner une médaille d'or pour l'ensemble de ses travaux sur les moteurs à gaz.

Le livre est précédé d'une liste des principales publications de l'auteur sur la question, et des ouvrages et mémoires consultés; cette bibliographie facilitera les recherches, et constitue un exemple que nous serions heureux de voir plus largement suivi.

L'auteur s'attache surtout à faire ressortir dans ce traité, dont un compte rendu de la 1re édition a déjà paru dans cette *Revue* (tome XIX, avril 1886, pp. 565-574), l'union étroite qui existe entre les études théoriques et les résultats que donne la pratique : les théories de l'auteur permettront au praticien de sortir du cercle étroit de la routine, et de suivre décidément la voie du vrai progrès.

Le chapitre 1er contient un historique des moteurs à gaz (1). " Cet exposé, comme le dit l'auteur, nous permet de suivre les développements successifs qui ont transformé et perfectionné la conception primitive des premiers inventeurs, avant d'atteindre au degré de perfectionnement relatif que nous constatons aujourd'hui. "

Une longue et laborieuse période d'invention a précédé la période d'application dans laquelle nous sommes entrés depuis 25 ans. Maintenant le moteur marche, il rend des services signalés à la petite industrie. Bientôt commencera, nous en avons l'espoir fondé, une période de perfectionnement qui abaissera le prix de revient de l'unité de travail, et permettra au moteur à gaz de concourir avec la machine à vapeur à la production des forces motrices les plus considérables.

Malgré la diversité des cycles réalisés ou même réalisables en pratique, ils rentrent tous, d'après l'auteur, dans l'une des quatre classes suivantes.

I. Moteurs à explosion sans compression.
II. Moteurs à explosion avec compression.
III. Moteurs à combustion avec compression.
IV. Moteurs atmosphériques et mixtes.

Voici un court exposé de la façon dont s'accomplit le travail dans chacune des machines-types, et que nous empruntons au chapitre II :

Dans les moteurs du premier genre, " une certaine quantité

(1) Voir *Revue des questions scientifiques*, tome XIII, janvier 1883.

d'air et de gaz est aspirée dans le cylindre, sous la pression atmosphérique; à mi-course du piston environ, la communication avec l'extérieur est interrompue, et une étincelle vient provoquer la détonation du mélange; il en résulte une expansion subite, qui pousse le piston en avant, et les gaz se détendent jusqu'à fond de course; le mouvement de retour du piston rejette les gaz dans l'atmosphère.

„ Au lieu d'aspirer le mélange et de l'emflammer aussitôt. sous la pression de l'atmosphère, on peut le comprimer d'abord à trois ou quatre atmosphères, et le faire détoner sous le volume réduit qu'il occupe. C'est ce que font Milton, Otto, Clerk et tant d'autres dans les moteurs du second type. La compression peut se faire dans un cylindre spécial, ou bien dans le cylindre moteur lui-même, qui doit alors être pouvu d'une chambre de compression. Celle-ci augmente évidemment ce qu'on appelle l'espace nuisible dans les appareils à piston moteur.

„ Mais au lieu de faire détoner instantanément le mélange à volume constant, on peut le faire brûler graduellement à pression constante : Brayton et Simon opèrent de la sorte. Ils ont créé le troisième type, caractérisé par la combustion du gaz et non plus par son explosion. Le reste des opérations peut être d'ailleurs identique aux transformations des types précédents : ainsi la combustion n'exclut pas la compression préalable.

„ Reste le quatrième type, qui est fort différent des autres. Otto et Langen crurent reconnaître que l'échauffement énorme du cylindre provenait de ce que la vitesse du piston était trop faible ; ils eurent dès lors l'idée de rendre le piston indépendant au moment de l'explosion, et de ne le faire travailler qu'au retour. A cet effet, la tige du piston portait une crémaillère qui n'entraînait l'arbre moteur que dans un sens, alors que le piston redescendait sous l'influence de la pression atmosphérique : c'était la seule période motrice. Voici dès lors la suite des opérations du cycle : l'aspiration du mélange se fait d'abord; puis, le piston étant arrivé au tiers de sa course ascendante, l'explosion a lieu; le piston est lancé au haut du cylindre, et il ne s'arrête que lorsque la détente et le refroidissement des gaz ont amené les produits de la combustion à une pression absolue égale à environ un quart d'atmosphère; sous l'action de l'atmosphère et du poids du piston, celui-ci redescend en refoulant le mélange et en l'expulsant.

„ Nous venons de décrire le type pur du moteur atmosphérique; il est pour le moment presque abandonné. Par contre, on

a créé un grand nombre de petits moteurs d'un type mixte : tel est le moteur de Bisschop. Dans cette machine, l'explosion agit comme force motrice pendant la montée du piston, et la pression atmosphérique pendant sa descente. Ce sont des moteurs à double effet, dans lesquels, il est vrai, l'action atmosphérique est la moins puissante. „

Dans le chapitre IIIe, après avoir exposé, d'une manière claire et précise, les notions indispensables de thermodynamique, l'auteur établit un parallèle frappant entre la machine à vapeur et la machine d'Ericson. Il constate d'abord que si la machine à vapeur n'est pas parfaite, elle a occupé, du moins jusqu'à présent, le premier rang par la régularité et la sûreté de sa marche. Il montre ensuite que le cycle théorique qu'elle parcourt est cependant loin d'être aussi avantageux que celui des machines à gaz.

Rappelons, pour le démontrer succinctement, que le rendement du cycle de Carnot est un maximum théorique, qu'il est impossible d'atteindre en pratique. Il en résulte que, si même on disposait d'appareils permettant d'élever la température de la vapeur d'eau à 400° C (673° absolus), et en même temps d'abaisser la température du réfrigérant à 0° C (273° absolus), le rendement théorique de cette machine idéale serait encore inférieur à 60 p. c. S'appuyant sur des considérations d'ordre purement pratique, l'auteur nous montre d'une façon décisive qu'avec les matériaux de construction dont nous disposons, ce rendement théorique ne peut même atteindre 40 p. c.

Dans un moteur à gaz à compression préalable, la température des produits de la combustion atteint 1603° C (1876 absolus) lors de l'explosion, et peut être réduite à 50° C lors de l'expulsion. Le rendement du cycle de Carnot pour ces deux températures est de 82 p. c.

Il ressort clairement de là que la machine à gaz possède sur la machine à vapeur un avantage théorique considérable. Si la machine à vapeur, malgré son infériorité théorique, a généralement eu la préférence, c'est qu'elle a été mieux étudiée, qu'elle réalise bien mieux les conditions essentielles de son cycle : en effet, dans le moteur à gaz, à cause des hautes températures que l'on atteint, on est obligé de refroidir énergiquement les parois du cylindre. Il en résulte une déformation profonde du cycle, et nous sommes, dès lors, fort éloignés des conditions théoriques sous lesquelles nous avons étudié ces moteurs.

De la théorie établie dans le chapitre précédent et de ses

expériences personnelles, M. Witz tire des conclusions qui nous semblent décisives. Elles indiquent la direction vers laquelle doivent tendre les efforts, les défauts auxquels il faut remédier; et dans la plupart des cas, il fait connaître la méthode la plus rationnelle de les éviter.

Une étude générale de la combustion des mélanges tonnants forme le chapitre v de l'ouvrage : la composition d'un gaz, son état de dilution dans l'air, la pression, sont autant de facteurs qui modifient profondément son pouvoir calorifique. Tous ces points ont été étudiés avec un soin méticuleux; ils sont du reste d'une importance capitale au point de vue de l'étude des phénomènes qui se passent à l'intérieur du cylindre des moteurs à gaz.

Après avoir exposé les différents modes de production du gaz destiné à l'alimentation des moteurs, l'éminent ingénieur aborde dans le chapitre vi la théorie et l'étude du cycle de chacun des moteurs-types; il détermine le rendement théorique et fait la comparaison du cycle réellement suivi avec le cycle de Carnot.

L'étude des mélanges tonnants permettait de prévoir, et M. Witz établit, mais cette fois d'une façon purement théorique, les heureux effets d'une compression préalable et d'une longue détente.

L'étude expérimentale des moteurs à gaz constitue le chapitre vi de l'ouvrage.

De toutes les causes qui déforment le cycle théorique, l'échange de chaleur qui se fait par la paroi est sans contredit la plus importante. La perte que l'on subit de ce chef, ainsi qu'il ressort de nombreuses expériences, n'est pas inférieure à 40 p. c. de la chaleur totale de combustion du gaz. L'action de la paroi déforme non seulement le cycle, mais encore elle produit les combustions incomplètes que l'on remarque dans les cylindres. Pour porter remède à son influence néfaste, l'auteur énonce les deux lois suivantes, en s'appuyant pour en démontrer le bien fondé sur de nombreuses expériences personnelles.

1° *L'utilisation croît avec la vitesse de détente.*

2° *La combustion des mélanges tonnants est d'autant plus rapide que la vitesse de détente est plus grande.*

Les nombreux essais faits par le savant professeur et ses nombreuses recherches donnent aux conclusions qu'il en tire une valeur considérable. Elles ne sont point le fait d'un théoricien, mais bien d'un ingénieur qui n'oublie pas combien de fois la théorie pure se trouve mise en défaut par les exigences de la pratique.

Le calcul d'une machine à gaz fait l'objet du chapitre suivant. Ce calcul ne peut guère se faire que par comparaison avec des moteurs déjà existants : en effet, les facteurs qui interviendraient dans une formule d'établissement sont trop nombreux et d'ordre trop variable pour qu'il soit possible de les réunir sous une forme simple et facilement maniable. M. Witz nous donne, du reste, un grand nombre de dimensions prises sur des moteurs de fabricants bien connus, en même temps qu'il nous indique la manière de faire usage de ces chiffres.

Environ cinquante moteurs ont été décrits et étudiés dans la monographie que nous donne l'auteur. Ce chapitre comprend la description de chaque machine avec ses points saillants. Un grand nombre de dessins d'ensemble et de détails permettent du reste de se rendre compte de la diversité des types.

L'allumage, la mise en train, la lubrification, etc., ne pouvaient guère être passés sous silence; ils présentaient des difficultés sérieuses, et leur solution a mis l'ingéniosité des inventeurs à l'épreuve. M. Witz les a réunis dans un chapitre spécial, dans lequel le mérite de chacune des solutions proposées se trouve discuté consciencieusement.

Un aperçu sur l'état présent et l'avenir des moteurs à gaz termine l'ouvrage : d'après l'auteur, les moteurs à gaz remplacent déjà avantageusement la machine à vapeur pour la production des petites forces, mais le temps n'est pas éloigné où la lutte commencera entre les deux rivales pour la production des forces les plus considérables.

Nous ajouterons simplement que nous partageons cet espoir, et que l'ouvrage de M. Witz ne peut manquer d'exercer l'influence la plus heureuse sur les progrès futurs que l'on réalisera certainement.

J. Ledent.

IX

Le Grisou, par H. Le Chatelier, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École nationale des Mines *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire)*. — Petit in-8° de 187 pp. — Paris, Gauthier-Villars, G. Masson, 1892.

Depuis de longues années déjà le nom de M. Le Chatelier figure avec honneur dans les procès-verbaux de la Commission du grisou. Les *Annales des Mines* et la revue *Industrie minérale*

ont plus d'une fois ouvert leurs colonnes aux communications, toujours si lucides et si originales parfois, du célèbre ingénieur-chimiste sur le terrible fléau de nos exploitations houillères. Aussi le petit volume que nous présentons au lecteur traite-t-il la question du grisou avec toute la compétence que réclamait la réputation déjà si bien établie de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*

Le but de l'auteur est d'aider les directeurs des mines de houille à prévenir ces terribles catastrophes qui amènent parfois dans l'espace de quelques minutes la mort de plusieurs centaines d'ouvriers.

Dans un premier chapitre, M. Le Chatelier traite de la nature et de l'origine du grisou. Les analyses ont été effectuées sur du gaz recueilli dans des *trous de sonde* ou dans des *soufflards* (on nomme ainsi des dégagements continus se produisant par les fissures du massif de houille ou des roches encaissantes); les autres procédés d'échantillonnage ne donnent pas les garanties de pureté désirables. Contrairement à l'opinion accréditée, ces analyses n'accusent dans le grisou comme gaz combustible que le méthane. Le fait mérite d'être relevé, car l'hydrogène, l'éthylène, l'éthane, signalés parfois avec une certitude très contestée, augmenteraient notablement par leur présence le danger du grisou à cause de leur plus grande inflammabilité. Quant à l'odeur dégagée par certaines couches de houille, l'auteur l'attribue à des traces indosables de vapeurs de carbures lourds, liquides ou solides. L'anhydride carbonique et l'azote mélangés au méthane dans les mines, sont avec ce dernier gaz les produits normaux de la décomposition des matières végétales, comme le prouve la production actuelle du gaz des marais. En conséquence, on admet généralement aujourd'hui que le grisou, contemporain de la houille, y reste emprisonné sous un manteau épais de morts-terrains pesants et imperméables, jusqu'au moment de l'exploitation du gisement. Il résulte des travaux de MM. Lindsay-Wood et Mallard que le mélange gazeux est renfermé dans la houille et les roches encaissantes comme l'eau dans un corps poreux, et qu'il y est comprimé à des pressions considérables, allant jusqu'à 32 kg. par centimètre carré. La quantité normale du grisou est très variable; elle dépend, entre autres, de l'état physique et de la composition de la houille, de la régularité des couches, du développement des travaux autour du puits d'extraction, du voisinage de travaux antérieurs : la mine d'Ath Gouley a donné 67 $^{m^3}$ de grisou par tonne de charbon extrait. Mêmes variations

pour le mode de dégagement du gaz. De temps en temps l'ouverture d'une cavité pleine de grisou donne passage à un jet de gaz que l'on appelle *soufflard :* on cite des soufflards géants où le gaz était assez abondant pour être canalisé et employé à l'éclairage. D'autres fois des éboulements considérables du toit, la pulvérisation spontanée et violente de grandes masses de houille, l'abatage de bancs très durs et moins poreux donnent naissance à des *dégagements instantanés* redoutés à juste titre.

Sur tout le front de taille du massif et sur les surfaces mises à nu du toit et du mur de la couche, il suinte normalement du grisou en quantités proportionnelles à la réserve de gaz accumulé, à la pression du grisou, à la perméabilité de la roche et surtout au nombre et à la profondeur des fissures naturelles et des cassures. L'opinion très répandue qui n'attribue qu'une influence négligeable aux vieux travaux paraît être erronée; à Ath Gouley les observations leur ont fait attribuer plus de la moitié du dégagement total. Il fut un temps où l'on admettait une relation entre les variations de la pression atmosphérique et la rapidité du dégagement du grisou. Cette théorie du baromètre est aujourd'hui démodée, grâce surtout aux recherches récentes de la Commission autrichienne du grisou : une variation de pression de quelques centièmes d'atmosphère ne peut avoir aucune influence appréciable sur l'écoulement d'un gaz comprimé primitivement à plusieurs dizaines d'atmosphères.

Certains puits très grisouteux dégagent jusqu'à 10 000 mètres cubes de grisou par 24 heures, et il suffit d'une accumulation de 10 mètres cubes de ce gaz pour amener dans certaines conditions une explosion épouvantable. Ces conditions, M. Le Chatelier les précise dans le deuxième chapitre, où il traite successivement des propriétés physiques et chimiques du grisou, de sa combustibilité dans l'air, de la température d'inflammation, des limites d'inflammabilité, et enfin de la question capitale de l'influence des parois froides et des toiles métalliques sur la propagation de la flamme. Les mélanges d'air et de grisou s'enflamment et brûlent de proche en proche, pourvu que la proportion de gaz inflammable sur 100 de mélange soit comprise entre 6 p. c. et 16 p. c., et qu'une partie de la masse soit portée à 650° pendant quelques secondes au moins. L'inflammation du grisou dépend en effet et de la température et du temps d'échauffement. Au-dessus de 650°, le grisou prend feu plus vite. Aux températures plus basses, il subit une combustion lente sans flamme qui, en présence des corps poreux, peut être sensible dès 200°. La vitesse de

propagation de la flamme varie avec la proportion de grisou; elle est maxima pour un mélange renfermant un certain excès de gaz combustible; l'agitation de la masse gazeuse l'augmente, et la porte de $0^m,60$ par seconde à des extrêmes évalués à plusieurs centaines de mètres. Le contact de parois froides diminue l'inflammabilité jusqu'à empêcher même la combustion, dans des tubes à diamètre suffisamment faible. Or les toiles métalliques peuvent être considérées comme une agrégation d'un grand nombre de petits tubes juxtaposés dont la longueur et le diamètre seraient très faibles; leur rôle dans les lampes de sûreté consiste à refroidir suffisamment les produits de la combustion du mélange explosif, qui s'est allumé à la flamme et brûle à l'intérieur, pour que l'inflammation ne puisse se transmettre au mélange explosif qui entoure la lampe; leur efficacité est malheureusement subordonnée à une foule de conditions que de tristes accidents ont bien des fois mises en évidence et que les essais du laboratoire ne font pas toujours prévoir.

La nature du gaz combustible, les proportions dans lesquelles il est mêlé à l'air, le pouvoir diffusif des toiles pour la chaleur, la nature du métal, le diamètre des fils, l'ouverture des mailles, voilà autant de points dont les constructeurs de lampes de sûreté ont eu à tenir compte. Il n'y a pas jusqu'à l'agitation éventuelle du mélange gazeux qui ne doive les préoccuper, car on a vu des toiles, parfaitement efficaces pour le grisou au repos, livrer passage à la flamme dans un courant de gaz animé d'une certaine vitesse.

Toutes les données qui précèdent font entrevoir bien des causes possibles d'accidents par le grisou. Le troisième chapitre a pour objet d'établir leur importance relative. Les chutes de pierres et les accidents dans les manœuvres font beaucoup de victimes, et sur le nombre total des ouvriers tués, il n'y a guère qu'un cinquième dont la mort soit due à des coups de grisou. Les accumulations du mélange explosif sont causées d'ordinaire par une ventilation insuffisante ou mal dirigée, par l'existence de vieux travaux négligemment remblayés et non ventilés, par des dégagements anormaux d'une intensité exceptionnelle et devant lesquels une ventilation régulière se trouve impuissante. L'inflammation du grisou a été provoquée le plus souvent par le tirage à la poudre, par l'emploi des lampes à feu nu, par l'usage des allumettes, par l'aérage au moyen de foyers placés au jour près de l'orifice du puits, enfin par le mauvais entretien, la fermeture incomplète ou l'ouverture imprudente des lampes de sûreté.

Qu'on ajoute à cela les causes d'aggravation des accidents, l'arrêt immédiat de la ventilation à la suite d'un coup de grisou dans certains systèmes d'aérage mal conçus, l'inflammation des poussières de houille répandues dans les galeries et sur les chantiers, la fixation de tout l'oxygène de l'air de la mine, la formation d'oxyde de carbone, gaz éminemment toxique à la dose de 1 p. c., et par suite l'asphyxie inévitable de tous les ouvriers sur le passage de la bouffée des gaz brûlés pendant son cheminement vers le puits de sortie; et l'on aura une idée des difficultés que rencontrent ceux qui s'occupent de réduire les dangers inhérents à l'exploitation des mines.

Comme le montre fort bien le chapitre quatrième, les efforts des ingénieurs ont visé tantôt l'une, tantôt l'autre de ces diverses causes d'accidents. Le remède radical consisterait à empêcher, par l'emploi méthodique des indicateurs de grisou et une ventilation soignée, les accumulations du mélange explosif. M. Delafond, ingénieur en chef des mines, développera dans l'*Encyclopédie scientifique* même les essais tentés dans cette voie. Nous n'insisterons pas; on s'y heurte du reste à bien des difficultés pratiques. Les lampes de sûreté tendaient à supprimer les causes d'inflammation. En permettant le travail dans des milieux éminemment grisouteux, elles ont été la cause indirecte de plusieurs grandes catastrophes. Employées au fond de la mine, elles trompent la confiance qu'elles avaient inspirée lors des essais du laboratoire; maniées avec prudence, elles sont loin d'être exemptes de défauts. Ainsi la lampe Davy a un pouvoir éclairant de 1/10 de bougie à peine; vivement déplacée, elle laisse passer la flamme au dehors. Dans la lampe Clanny, la toile métallique est remplacée autour de la flamme par un verre; elle éclaire mieux, mais elle n'est pas davantage imperméable à la flamme. Les lampes Marsaut, Mueseler, Fumat, quoique d'une construction moins simple, n'ont pas une supériorité incontestée. Les lampes électriques portatives ne sont pas encore entrées dans la pratique courante. Bref, les directeurs de mines gagneront peut-être encore, au point de vue de la sécurité, à s'occuper de l'aérage et de l'organisation des travaux plus que des procédés d'éclairage.

M. Le Chatelier résume dans le dernier chapitre un rapport de M. Mallard sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou. En voici la substance :

Le grisou exige au moins quelques secondes d'échauffement pour s'enflammer; d'autre part, les explosifs dits brisants présentent un refroidissement extrêmement rapide par suite de la

transformation d'une partie importante de leur chaleur en travail mécanique. Dans bien des cas, la détente des gaz paraît ne pas dépasser 1/1000 de seconde. On conçoit donc que ces substances puissent détoner au milieu du grisou sans l'enflammer. Tant s'en faut néanmoins que tout explosif brisant convienne dans tous les cas pour les coups de mine dans les exploitations grisouteuses. Le coton octonitrique entre autres, par suite d'un défaut d'oxygène, fournit, comme produits de la réaction, du charbon, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène qui peuvent, postérieurement à la détente, s'enflammer à l'air. Certaines autres substances donnent lieu à plusieurs phases de décomposition successives, et il en résulte parfois une élévation de température. Le poids des cartouches, la masse de l'enveloppe, le bourrage même ne sont pas sans influence sur la rapidité du refroidissement des gaz brûlés. Quoi qu'il en soit, il est des explosifs de sûreté à faible température de détonation et à détente rapide, dont l'emploi s'est montré pratique dans les mines. Ce sont des mélanges de dynamite, ou de coton octonitrique, ou de trinitronaphtaline, avec une quantité d'azotate d'ammonium variant de 60 à 95,5 p. c. Le dernier de ces corps ne détone pas d'une façon complète sous l'action du fulminate de mercure, mais mêlé à d'autres explosifs et en quantité convenable, il détone parfaitement en abaissant la température de combustion de l'explosif auquel il est mêlé, et cela plus ou moins complètement, suivant que l'explosif ajouté donne ou non, par sa décomposition, du gaz combustible, qui en se combinant à l'oxygène de l'azotate d'ammonium fournisse un nouveau supplément de chaleur. La mise de feu aux explosifs est, comme les explosifs eux-mêmes, une source de dangers sérieux. Les seuls procédés de tirage des coups de mine inoffensifs en présence du grisou, sont fournis soit par les amorces à friction au fulminate de mercure, soit par les amorces électriques avec des courants à faible tension.

La conclusion générale qui se dégage de l'étude de M. Le Chatelier, c'est que la question du grisou est encore à l'ordre du jour, et que, pour supprimer complètement les dangers de l'exploitation de la houille, il faudrait retirer les ouvriers de la mine et cesser d'exploiter. Disons pourtant qu'il y a progrès au point de vue de la sécurité du travail ; car, bien que depuis le commencement du siècle les quantités de charbon exploitées annuellement aient plus que décuplé, les accidents n'ont heureusement pas suivi la même progression.

F. D.

X

Les Acariens parasites, par P. Mégnin, ancien vétérinaire de l'armée, membre de la Société de biologie et de la Société de médecine légale de France *(Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire)*. — Petit in-8° de 182 pp. — Paris, Gauthier-Villars, G. Masson, 1892.

L'ordre des Acariens, à peine connu du temps de Linné par le ciron du fromage et quelques autres types plus répandus, compte actuellement des milliers d'espèces déterminées, grâce aux travaux de Hermann, Dugès, Koch, Michaël de Londres, Kramer de Halle, Haller de Berne, Canestrini et Berleze de Padoue. Par les observations personnelles qu'ils relatent en grand nombre, les travaux de M. Mégnin, publiés surtout dans le *Journal de l'Anatomie,* les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et les *Bulletins de la Société de biologie,* constituent une contribution remarquable à la monographie du groupe des Acariens parasites. Le présent *Aide-Mémoire* les résume et les refond avec toutes les publications antérieures.

Dans l'introduction, l'auteur caractérise l'ordre des Acariens. Au point de vue morphologique, on peut dire que ces animalcules, le plus souvent de petite taille, sont des Arachnides à corps ramassé dans lequel la tête, le thorax et l'abdomen sont confondus. Les pièces buccales du rostre sont disposées soit pour déchirer, soit pour piquer, soit pour sucer. Quatre paires de pattes portent le corps; elles sont garnies de poils, munies de crochets et armées souvent d'organes d'adhérence de formes très variées. Au point de vue physiologique, les Acariens se font remarquer par la multiplicité des mues, dont chacune est comme un renouvellement complet de l'individu tout entier. Pendant que le changement de peau s'opère, tous les organes internes se fondent en un tout sarcodique qui se rassemble dans la cavité centrale pour constituer un véritable œuf. Celui-ci bourgeonne, et il se forme de nouveaux membres et de nouveaux organes buccaux comme dans l'œuf primitif. Outre ces mues normales, on voit parfois chez quelques espèces s'en produire une autre plus extraordinaire encore. Sous l'empire de la disette, l'enveloppe des *nymphes* non encore sexuées laisse échapper un Acarien cuirassé, non pas plus avancé en développement, mais totalement différent, muni d'un groupe de ventouses sous et post-abdomi-

nales. Ces ventouses lui permettront de s'attacher à tout être animé qui passera à sa portée, et d'aller dans un milieu plus avorable reprendre sa forme ancestrale et constituer une nouvelle colonie.

L'histoire des différentes espèces d'Acariens n'est pas moins curieuse que celle de l'ordre dans son ensemble. C'est avec un grand discernement que l'auteur aborde cette partie de son travail. Après avoir dressé un tableau dichotomique des familles, il donne pour chacune d'elles ce qu'il y a de plus important et de plus caractéristique. Il indique, cela s'entend, les hôtes habituels des Acariens et les troubles fonctionnels que provoque leur présence chez les animaux et accidentellement chez l'homme. L'énumération des espèces se borne aux principales, comme l'exigeait la méthode adoptée par la direction de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Presque à chaque page, M. Mégnin rompt la monotonie du texte par des gravures fort réussies, toutes signées de sa main; il évite ainsi, d'une façon à la fois élégante et agréable, une longue énumération de caractères distinctifs qui aurait rebuté le lecteur ordinaire.

D. T.

XI

Report on Deep-Sea Deposits based on the specimens collected during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1873-1876, by John Murray, L. L. D. Ph., one of the naturalists of the Expedition, and Rev. A. F. Renard, L. L. D. Ph. D., professor of Geology and Mineralogy in the University of Ghent. — London, 1891.

Le voyage d'exploration des océans exécuté sur le navire anglais *Challenger*, à partir de 1872 et pendant une croisière qui dura trois ans et demi, demeure jusqu'à présent l'expédition la plus remarquable qui ait eu pour objet l'étude physique de la mer et de ses dépôts. Les principaux résultats de cette expédition intéressant également la zoologie, la physique du globe et la géologie, ont été transmis succinctement et à diverses reprises à des sociétés savantes. Quant à la description des organismes recueillis, elle forme une série de monographies imprimées en in-4°, enrichies de milliers de planches, et qui ont été confiées à des spécialistes choisis dans diverses contrées de l'Europe. Au

nombre de ces naturalistes évoqués des quatre coins de l'horizon, il est flatteur pour la Belgique de compter un de ses enfants, M. l'abbé Renard, dont la collaboration fut réclamée pour l'examen des matériaux les plus difficiles peut-être à déchiffrer. Il fut appelé dès 1878 par Wyville Thomson, prédécesseur de M. Murray et premier directeur de l'œuvre, à étudier au point de vue lithologique et géologique les échantillons rapportés par le *Challenger* et ramenés par des dragages opérés à toutes profondeurs et dans tous les océans. Son nom se trouve donc attaché à des résultats répondant à une étape importante dans la science de la Terre et qui dès aujourd'hui figurent comme classiques dans tous les traités de géologie.

Le dernier volume publié de la collection du *Challenger* a paru vers la fin de 1891. Il est intitulé : « Rapport sur les dépôts de mer profonde, d'après les spécimens recueillis pendant le voyage du navire royal *Challenger* exécuté de 1872 à 1876, par MM. John Murray et l'abbé A. Renard. » Il a exigé quatorze ans de recherches. C'est un volume in-4° de 500 pages, avec figures dans le texte, et complété par 29 planches noires ou chromolithographiées représentant les éléments des fonds marins envisagés surtout au microscope, par 43 cartes géographiques où sont marqués les points de sondage et la nature des sédiments atteints, et par 22 planches-diagrammes consacrées à la marche de la température dans les grandes mers. Ce grand travail est l'œuvre commune de MM. Murray et Renard ; la sagacité des deux savants a été mise souvent à l'épreuve pour la solution des mêmes questions. Néanmoins le travail personnel à chacun des auteurs se reconnaît facilement, M. Renard s'étant occupé surtout de la partie historique, de la lithologie et de l'inspection par le microscope, M. Murray de la partie dévolue aux organismes.

On ne peut parcourir cet ouvrage sans y reconnaître une œuvre scientifique de très grande autorité. Cette autorité s'impose non seulement par l'abondance et la nouveauté des documents, mais par l'emploi des méthodes les plus modernes et la rigueur qui ont présidé à leur constatation. La réserve des auteurs dans leurs conclusions ajoute aussi à l'autorité de leurs appréciations.

En tête du volume, on lit une introduction historique résumant successivement les textes des auteurs de l'antiquité qui se sont préoccupés des phénomènes marins, les observations des naturalistes italiens qui, aux XVe et XVIe siècles, fondaient les

sciences géologiques, et finalement les recherches modernes qui traitent directement des sédiments marins et que rappellent les noms de Soldani, Ehrenberg, Hooker, Edw. Forbes, Bailey, etc. Le premier chapitre décrit les engins et appareils mis en usage sur le *Challenger* pour recueillir, conserver et étudier les échantillons extraits par les dragues aux grandes profondeurs. Il expose en même temps l'ordre invariable adopté pour l'examen de ces échantillons, et les procédés pratiques de séparation, d'analyse chimique et microscopique qui ont servi à leur détermination.

Les deuxième et troisième chapitres traitent de la nature, de la composition et des variations amenées par le changement des conditions dans les dépôts sous-marins. Ces chapitres, qui supposent un travail très considérable, comprennent une série de tableaux synoptiques qui couvrent 114 pages in-4°. On y renseigne, d'après l'ordre adopté, la constitution des spécimens ramenés par la drague en 360 points environ de l'Atlantique, du Pacifique et de l'Océan Indien. Tous, sans exception, proviennent de profondeurs supérieures à 200 brasses anglaises, et il en est qui proviennent de 4470 brasses. Pour chaque cas, on signale le point d'observation, la température de la mer au fond et à la surface, l'aspect physique du dépôt, la teneur en carbonate de calcium ainsi que les organismes qui y contribuent, la proportion des éléments insolubles et celle des organismes siliceux, la nature des particules minérales distinctes, et en dernier lieu la description de la vase la plus fine obtenue par lévigation *(fine washings)*, où l'œil exercé du micrographe parvient encore à dévoiler certains fragments de roches et d'organismes. La très grande part du travail dans ces tableaux revient à M. l'abbé Renard; et l'homme du métier doit ici l'admirer, en songeant à la difficulté de déterminer des particules infinitésimales, dont la nature minéralogique est souvent voilée par la décomposition et par le mélange à des particules amorphes ou d'origine organique. Il faut remarquer encore que les dimensions moyennes de ces particules, réduites communément à un très petit nombre de centièmes de millimètres, sont toujours indiquées, ainsi que d'autres données plus ou moins en rapport avec la distance des côtes et la profondeur, et qui servent de base au classement rationnel de ces dépôts marins. Ces recherches nous apprennent que l'on retrouve, dans le fond des régions océaniques, en même temps que l'argile, le calcaire, le silex, la glauconie et divers produits ferrugineux et manganeux, des silicates et des oxydes, tels que les orthoses et les plagio-

clases, la hornblende, l'actinote, le glaucophane, l'augite, le diallage, l'hypersthène et la bronzite, le mica, la chlorite, le quartz, le rutile, le zircon, auxquels s'ajoutent, et parfois dans une proportion un peu notable, des minéraux d'origine extraterrestre : par exemple, des sphérules de magnétite ou de fer natif que les motifs des plus concluants font rattacher à des chutes de météorites.

En comparant les résultats de ces analyses approfondies des dragages et en les combinant avec la position géographique des points d'extraction, MM. Murray et Renard furent conduits à partager les dépôts marins des grandes profondeurs en sept catégories principales, susceptibles de passer graduellement de l'une à l'autre, mais gardant leurs propriétés essentielles sur des étendues considérables, et qui se partagent le lit des océans. D'après cette classification, les dépôts marins sont rangés dans deux grandes classes : les dépôts *terrigènes* et les dépôts *pélagiques*.

1° Les dépôts terrigènes sont ceux où interviennent dans une proportion très notable les éléments minéralogiques de provenance continentale. Ici figurent les sables et vases bleus, rouges, verts, coralliens, volcaniques. Ils constituent une zone de largeur variable qui borde les continents et les îles, et qui est séparée de la côte par une autre zone dite *littorale* où s'accumulent les sédiments des eaux basses. De plus, la zone des vases continentales occupe tout le fond des mers intérieures, comme la Méditerranée.

2° Les dépôts pélagiques, où l'on ne rencontre qu'exceptionnellement des produits arrachés aux terres. Ce sont ceux des grands fonds et des régions océaniques écartées des terres. Ils occupent plus des quatre cinquièmes des bassins marins et comprennent dans les proportions indiquées en surfaces les cinq catégories suivantes :

La vase à ptéropodes, 400 000 milles carrés.
La vase à globigérines, 49 520 000 milles carrés.
La vase à diatomacées, 10 880 000 milles carrés.
La vase à radiolaires, 2 290 000 milles carrés.
L'argile rouge des grands fonds, 51 500 000 milles carrés.

Tous ces dépôts peuvent renfermer accidentellement des matériaux volcaniques dérivant des volcans sous-marins ou bien des volcans terrestres par suite de projections dans l'atmosphère ou de flottage à la surface.

MM. Murray et Renard ont fait connaître depuis quelques

[illegible] més en place, l'auteur belge [illegible] minéralogiques très étendues [illegible] er les substances minérales les [illegible] *Nature*, March 1891.)

[illegible] exclusions des longues recherches de [illegible] — La sédimentation s'opère avec une [illegible] ans les régions profondes de l'océan et [illegible] eaucoup de débris d'organismes appar- [illegible] y sont à découvert ou enveloppés seule- [illegible] manganeux. — L'argile rouge des grands [illegible] et le plus caractéristique de tous les dépôts [illegible] ealité un dépôt chimique présent partout, mais [illegible] avec ses caractères typiques que dans les grandes [illegible] tire son origine principalement de la décompo- [illegible] aux silicatés des roches basiques contenant de [illegible] L'argile rouge et généralement les dépôts péla- [illegible] s'écartent par leurs caractères lithologiques de la [illegible] talité des formations géologiques étudiées dans les [illegible]

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

XII

LA PERCEPTION ET LA PSYCHOLOGIE THOMISTE, par M. DOMET DE VORGES, membre de la Société scientifique de Bruxelles, etc. — Paris, Roger et Chernoviz, 1892.

Il y a trois mois, rendant compte ici-même des travaux philosophiques du dernier Congrès de Paris, nous eûmes la bonne fortune de signaler à l'attention des lecteurs de la *Revue* le beau Mémoire de M. Domet de Vorges, ancien président de notre Société scientifique, sur *L'Idée d'être et l'intelligence*. Nous ne nous étendîmes pas alors aussi longuement que nous l'eussions désiré sur cette remarquable étude de philosophie critique, parce que nous savions que notre savant confrère et ami préparait un travail d'ensemble sur le sujet dont il venait de nous présenter une rapide esquisse, et que nous nous promettions bien d'en faire ici l'analyse.

Ce travail a vu le jour. Il mérite toute l'attention des philosophes.

Il est écrit en un style clair, élégant, dégagé des formules dites

« scolastiques » qui ont le privilège d'éveiller les préventions de l'esprit moderne et empêchent trop souvent la pensée de nos grands docteurs d'arriver jusqu'à lui.

M. de Vorges traite deux questions, qui visent droit l'une et l'autre le problème fondamental de la connaissance certaine.

La première question touche à l'origine de la connaissance. Entre ceux qui croient que l'homme ne possède que des connaissances sensibles et ceux qui accordent à l'homme des connaissances suprasensibles, nécessaires et universelles, mais tirées du fond même de l'âme pensante et indépendantes de l'expérience sensible, M. Domet de Vorges prend une position moyenne qu'il définit lui-même en ces termes :

« La première théorie enlève à notre intelligence sa principale richesse; la seconde lui enlève le droit de s'en servir avec sécurité.

» Nous voudrions proposer une opinion moyenne. Elle consisterait à admettre que la connaissance sensible n'est point à elle seule une connaissance complète, qu'elle est complétée et fécondée par une faculté supérieure, que cette faculté supérieure a sans doute des notions qui lui sont propres, mais qu'elle ne perçoit ces notions que dans les choses sensibles et à l'aide des sens. Les notions intelligibles sont ainsi objectives, puisque leur origine vient de la perception même de l'objet. D'un autre côté, ces notions puisées dans le fait ont une valeur universelle, parce que l'intelligence n'envisage pas le fait au point de vue restreint et local de la sensibilité. »

Toute la première étude sur la perception a pour but de mettre en lumière le double aspect sensible et intelligible de nos connaissances fondamentales, et de bien préciser la nature et les rapports des deux facultés que suppose l'acte perceptif.

Ces deux facultés, loin d'être étrangères l'une à l'autre, comme semblent le croire beaucoup de personnes qui ne les envisagent jamais que dans leurs opérations les plus divergentes, sont liées dans l'acte de perception, liées à tel point qu'on ne saurait les distinguer de premier abord, mais seulement par une étude approfondie de leur nature respective. « Voilà pourquoi tant de philosophes, ne voyant l'intelligible que dans la pure donnée abstraite, ne comprennent pas qu'on puisse en trouver le point de départ dans le sensible, tandis que l'enfant et l'ignorant déduisent à chaque instant l'un de l'autre.

» Nous croyons que le sensible contient et nous présente l'intelligible, que l'intelligence l'y saisit, considère les choses sous un

des palagonites et des produits formés en place, l'auteur belge montre à la fois des connaissances minéralogiques très étendues et toute son habileté à déterminer les substances minérales les plus difficiles à déchiffrer. „ (*Nature*, March 1891.)

Citons encore quelques conclusions des longues recherches de MM. Murray et Renard. — La sédimentation s'opère avec une extraordinaire lenteur dans les régions profondes de l'océan et distantes des terres : beaucoup de débris d'organismes appartenant à l'ère tertiaire y sont à découvert ou enveloppés seulement d'enduits ferro-manganeux. — L'argile rouge des grands fonds, le plus vaste et le plus caractéristique de tous les dépôts pélagiques, est en réalité un dépôt chimique présent partout, mais n'apparaissant avec ses caractères typiques que dans les grandes profondeurs; et il tire son origine principalement de la décomposition des minéraux silicatés des roches basiques contenant de l'alumine. — L'argile rouge et généralement les dépôts pélagiques actuels s'écartent par leurs caractères lithologiques de la presque totalité des formations géologiques étudiées dans les continents.

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

XII

LA PERCEPTION ET LA PSYCHOLOGIE THOMISTE, par M. DOMET DE VORGES, membre de la Société scientifique de Bruxelles, etc. — Paris, Roger et Chernoviz, 1892.

Il y a trois mois, rendant compte ici-même des travaux philosophiques du dernier Congrès de Paris, nous eûmes la bonne fortune de signaler à l'attention des lecteurs de la *Revue* le beau Mémoire de M. Domet de Vorges, ancien président de notre Société scientifique, sur *L'Idée d'être et l'intelligence*. Nous ne nous étendîmes pas alors aussi longuement que nous l'eussions désiré sur cette remarquable étude de philosophie critique, parce que nous savions que notre savant confrère et ami préparait un travail d'ensemble sur le sujet dont il venait de nous présenter une rapide esquisse, et que nous nous promettions bien d'en faire ici l'analyse.

Ce travail a vu le jour. Il mérite toute l'attention des philosophes.

Il est écrit en un style clair, élégant, dégagé des formules dites

« scolastiques », qui ont le privilège d'éveiller les préventions de l'esprit moderne et empêchent trop souvent la pensée de nos grands docteurs d'arriver jusqu'à lui.

M. de Vorges traite deux questions, qui visent droit l'une et l'autre le problème fondamental de la connaissance certaine.

La première question touche à l'origine de la connaissance. Entre ceux qui croient que l'homme ne possède que des connaissances sensibles et ceux qui accordent à l'homme des connaissances suprasensibles, nécessaires et universelles, mais tirées du fond même de l'âme pensante et indépendantes de l'expérience sensible, M. Domet de Vorges prend une position moyenne qu'il définit lui-même en ces termes :

« La première théorie enlève à notre intelligence sa principale richesse; la seconde lui enlève le droit de s'en servir avec sécurité.

« Nous voudrions proposer une opinion moyenne. Elle consisterait à admettre que la connaissance sensible n'est point à elle seule une connaissance complète, qu'elle est complétée et fécondée par une faculté supérieure, que cette faculté supérieure a sans doute des notions qui lui sont propres, mais qu'elle ne perçoit ces notions que dans les choses sensibles et à l'aide des sens. Les notions intelligibles sont ainsi objectives, puisque leur origine vient de la perception même de l'objet. D'un autre côté, ces notions puisées dans le fait ont une valeur universelle, parce que l'intelligence n'envisage pas le fait au point de vue restreint et local de la sensibilité. »

Toute la première étude sur la perception a pour but de mettre en lumière le double aspect sensible et intelligible de nos connaissances fondamentales, et de bien préciser la nature et les rapports des deux facultés que suppose l'acte perceptif.

Ces deux facultés, loin d'être étrangères l'une à l'autre, comme semblent le croire beaucoup de personnes qui ne les envisagent jamais que dans leurs opérations les plus divergentes, sont liées dans l'acte de perception, liées à tel point qu'on ne saurait les distinguer de premier abord, mais seulement par une étude approfondie de leur nature respective. « Voilà pourquoi tant de philosophes, ne voyant l'intelligible que dans la pure donnée abstraite, ne comprennent pas qu'on puisse en trouver le point de départ dans le sensible, tandis que l'enfant et l'ignorant déduisent à chaque instant l'un de l'autre.

« Nous croyons que le sensible contient et nous présente l'intelligible, que l'intelligence l'y saisit, considère les choses sous un

Les cinq premiers chapitres traitent du rôle des sens, des sens extérieurs et des sens intérieurs, dans la perception intellectuelle.

Le chapitre VI, intitulé : *De l'instinct et de la raison particulière,* a pour but de rechercher comment l'essence particulière ou individuelle peut faire l'objet d'une faculté qui est sensible, liée intrinsèquement à un organe matériel, comme est la faculté à laquelle les scolastiques donnent le nom de " cogitative „ ou le nom plus spécial de " raison particulière „.

C'est que l'existence concrète et individuelle n'offre pas une notion simple, mais une notion complexe, dont les divers éléments sont saisis dans leur union par l'union de différentes facultés.

" L'existence individuelle comprend, en effet, une nature qui de soi est universelle : c'est là l'objet propre de l'intelligence ; mais elle comprend en outre des circonstances qui l'individualisent : c'est là l'objet propre des sens. La réunion de ces deux objets, qui diffèrent en nature, mais qui sont liés entre eux comme la chose et son mode, est perçue par le concours des deux facultés, par une sorte de compost de l'intelligence et de la sensibilité ; et ce compost, on l'appelle la raison particulière (1). C'est ce qu'indique nettement saint Thomas lorsqu'il dit que la cogitative, chez l'homme, ou la raison particulière, a le don de percevoir l'être en vertu de son union avec l'intellect. " Quod contingit ei (aestimativae) in quantum unitur intellectivae in eodem subjecto „ (2). " Illam eminentiam habet cogitativa in homine non per id quod est proprium sensitivae partis, sed per aliquam affinitatem et propinquitatem ad rationem universalem secundum quandam refluentiam „ (3).

En réalité donc et en rigueur de termes, c'est l'intelligence seule qui est à même de percevoir l'être.

Dès lors, préciser le sens de la notion d'être, et montrer en quoi consiste la perception intellectuelle de l'être, telle est la tâche que devait franchement aborder M. de Vorges.

Il l'a fait aux chapitres VII et VIII de sa première étude.

Le chapitre IX qui complète celle-ci n'est que le complément des deux chapitres précédents. L'auteur y fait voir comment, de la notion générale d'être, dérivent les notions d'unité, de

(1) P. 98.
(2) *De Anima*, II. 13.
(3) *Summa theol.*, I, 78, 4.

nombre, de substance, de temps, du vrai, du bien, même du beau, et les premiers principes de la raison spéculative et de la raison pratique. C'est là, pour le dire en passant, un travail que les idéologues scolastiques ont trop souvent négligé. Il est assez commode de prendre en bloc l'acquis de l'intelligence et de déclarer d'un trait de plume que tout entier, tel qu'il est, il a la même origine, l'observation sensible fécondée par les énergies de l'intellect. Mais dire que cela est et dire pourquoi et comment cela est, c'est deux, observe avec raison Aristote. Pas mal d'auteurs paraissent l'oublier.

Plus loin, au chapitre XI, l'auteur poursuit cet intéressant travail d'analyse et déduit successivement des données de la conscience les notions d'activité, de cause, de fin, de possession et de droit; il parvient ainsi à faire le départ de la plupart de nos idées et à les rattacher à leur source immédiate respective.

Mais revenons aux chapitres VII et VIII qui sont, nous l'avons dit, les principaux. Combinés avec le chapitre X où il est question de l'intellect agent et de son rôle dans la formation de nos idées, ils constituent l'exposé complet des vues de l'éminent philosophe français sur la perception intellectuelle.

Le chapitre XII, en effet, *La perception totale de l'être individuel*, ne fait que synthétiser les résultats de l'analyse des chapitres antérieurs. Et les chapitres XIII et XIV, intitulés : *Objectivité de la perception sensible; — Du rôle des sens dans la pensée réfléchie*, ne sont, en réalité comme dans la pensée de l'auteur, que des appendices de la thèse principale.

Quelle est-elle donc, cette thèse principale ?

Si nous ne nous trompons, elle se résumerait à peu près comme suit :

L'objet propre de l'intelligence humaine, c'est l'être. " Est enim proprium objectum intellectus ens intelligibile " (1). " Intellectus per prius apprehendit ipsum ens " (2).

Or l'être, " ens ", désigne l'existence.

Donc l'objet propre de l'intelligence, c'est l'existence.

Aussi l'acte primordial de l'intelligence s'appellerait-il mieux un acte de perception qu'un acte d'abstraction.

Cet acte de perception n'est pas simple, il est complexe. " Nous croyons, dit l'auteur, que le premier acte de perception implique à la fois un premier acte de sensation et un premier acte d'intelligence. " (P. 3.)

(1) *Cont. Gent.* II, 98.
(2) *Summ. theol.* I, 16, 4.

Dès lors, c'est à peine s'il y a encore lieu de poser le problème de la valeur objective de nos connaissances intellectuelles; tout au moins ce problème est-il singulièrement simplifié; car " toute perception humaine emporte la constatation d'une existence. C'est là son caractère essentiel, son but premier et principal. Toute chose perçue est considérée par nous, non exclusivement comme une chose agréable ou désagréable, mais d'abord et surtout comme un objet réel, déterminé, existant, et, pour employer l'expression de Kant, très juste ici, comme une " chose en soi „. La philosophie moderne a fait de la chose en soi quelque donnée mystérieuse, inaccessible, nouménale : en réalité, rien n'est plus simple. Toute chose connue comme existante est connue en soi, car elle n'a rien de plus en soi que son existence. Or, notre expérience nous convainc à chaque instant que nous connaissons des choses qui existent, dont nous saisissons directement l'existence; nous reconnaissons très bien que cette existence est en soi indépendante de la connaissance que nous en avons. „

Et tandis que la valeur objective de nos connaissances est assurée, le sensualisme et le matérialisme sont radicalement réfutés. Car non seulement il est d'expérience que l'intelligence perçoit l'être, mais il est manifeste aussi que seule elle peut le percevoir. " La perception de l'existence actuelle de l'objet actuellement présent n'est pas le fait de la sensation... „ (P. 123.) " La sensibilité reçoit les images comme des causes d'attrait ou de dégoût; l'intelligence, au contraire, reçoit les idées comme les caractères de ce qui est. „ (P. 122.)

" Et c'est précisément parce que l'intelligence perçoit l'existence et y puise l'idée d'être, que cette faculté est capable des principes nécessaires et des notions universelles. „ (P. 124.)

Ainsi se trouvent donc résolues les deux graves questions qui préoccupaient l'auteur : la valeur de nos connaissances universelles et nécessaires se trouve assurée en dépit de leur origine expérimentale; et la nature caractéristique de l'acte intellectuel aussi bien que sa différence d'avec la sensation trouvent leur explication et leur justification dans l'analyse de l'acte complexe de la perception des existences.

Que penser de cette théorie?

On ne saurait assez insister, lorsqu'on remue les problèmes qui touchent aux multiples démarches de l'activité de l'âme, sur l'unité réelle, vivante, qui les relie toutes dans le composé humain. Distinction n'est pas divorce.

A force d'analyser le contenu de la conscience, de souligner

l'irréductibilité des caractères de la sensation et de la pensée, on en vient aisément à se figurer que la loi de l'activité psychique est que ces deux actes cognitifs s'exercent isolément. C'est le contraire qui est vrai. Ils sont si peu isolés, dans le fait, qu'il faut même un sérieux effort de réflexion pour discerner leur part respective d'action dans la perception totale de la nature des choses. C'est le grand mérite de M. Domet de Vorges d'avoir mis vivement en relief cette unité vivante de la conscience dans la dualité des éléments sensible et intelligible qui concourent à l'intégration de l'acte perceptif des existences. Lorsque le regretté Van Weddingen, auquel M. de Vorges rend un hommage bien mérité, faisait reposer la certitude sur les tendances instinctives primordiales des êtres et en particulier sur " l'impulsion incoercible de la pensée „ ou " l'instinct rationnel „, comme il se plaisait à l'appeler, il n'avait pas au fond d'autre préoccupation, croyons-nous, que d'affirmer le même fait et d'énoncer la même loi.

Jusque-là nous souscrivons des deux mains aux idées développées par l'auteur de *La Perception et la psychologie thomiste.*

Mais l'*interprétation* que propose M. de Vorges de la perception intellectuelle de l'être appelle, nous semble-t-il, certaines réserves.

D'abord, la difficulté soulevée par les tenants de la psychologie cartésienne, et que nous résumions plus haut en un dilemme en apparence serré : " Ou bien l'intelligence apporte quelque chose à la connaissance intellectuelle, et toutes nos idées ne viennent pas des sens; ou bien elle n'apporte que son activité, et vous ne pouvez expliquer l'origine des notions supérieures; „ cette difficulté qui a fait chercher à M. de Vorges une interprétation nouvelle — ou, selon lui, rajeunie — de l'idéologie de l'École, est-elle bien irréfutable? Tient-elle réellement en échec les idées courantes de la scolastique, ou plus exactement de la néo-scolastique sur l'origine des notions supérieures?

Nous ne le pensons pas. Pour notre part, ainsi que nous l'écrivions naguère, nous eussions accepté tout de bon la seconde partie du dilemme, accordé donc que " l'intelligence n'apporte à la formation de la pensée que son activité; et, au défi d'expliquer ainsi l'origine de nos notions supérieures, nous eussions répondu : Si par notions supérieures vous entendez des notions dont le contenu *positif* est autre que celui que les sens nous fournissent et que l'intelligence abstrait et universalise, nous nions purement et simplement que nous ayons de ces notions supé-

rieures. Si au contraire vous nous accordez que nos notions même supérieures empruntent tout leur contenu positif aux données des sens et que c'est par voie de *négation* — ou par des procédés d'analogie et de transcendance, qui sont encore en définitive des procédés de négation, — que l'intelligence discerne le suprasensible du sensible, alors l'activité intellectuelle et les sens suffisent pour expliquer l'origine de toutes nos pensées, y compris nos " notions supérieures ".

Il faut bien d'ailleurs que l'objet des notions supérieures, l'objet de l'idée d'être, par exemple, soit contenu dans l'objet matériel saisi par les sens, car sinon d'où arriverait-il à l'intelligence? S'il est vrai que rien n'est dans l'intelligence qui ne lui soit venu par les sens (p. 3), donc l'idée d'être qui est dans l'intelligence lui est venue par les sens.

Connaître, en effet, ce n'est pas créer, c'est considérer ce qui est. Or c'est dans l'objet tel qu'il est présenté par les sens que l'intelligence considère son propre objet. Donc, si l'intelligence connaît l'existence, c'est que l'existence lui est présentée par les sens. Mais si les sens présentent à l'intelligence l'existence, c'est qu'ils la perçoivent.

Non pas évidemment que les sens et l'intellect saisissent l'existence de façon identique. C'est *cet* être existant, ou mieux, *ce* sujet concret que les sens perçoivent, tandis que l'intellect saisit abstraitement *la* substance et arrive plus tard à discerner entre *le sujet* qui est subsistant et *la subsistance* elle-même. Mais cela n'empêche que ce qui est saisi sous forme abstraite et universelle par l'intelligence est saisi d'abord concrètement par les facultés sensitives. *Ce* Socrate que les sens connaissent, dit Aristote, c'est tel homme qui a nom Socrate, *Socrates est hic homo.*

Il semble donc qu'il en soit de l'idée d'être comme de toute autre notion intellectuelle. Elle a le même objet *matériel* que la perception sensitive qui la précède, mais dans cet objet matériel commun le sens et l'intelligence perçoivent un objet *formel* respectivement différent. L'objet formel du premier est contingent, singulier; celui de la seconde est nécessaire, universel.

Nul n'a mieux rendu l'opposition qu'il y a entre les caractères de l'objet senti et ceux de l'objet pensé que M. Domet de Vorges lui-même. Nul aussi n'a plus clairement montré la supériorité essentielle de ce pouvoir d'abstraction que l'École est d'accord à revendiquer comme la prérogative de l'intelligence humaine. " Beaucoup de gens s'imaginent, écrit-il, qu'on ne peut puiser

dans le fait particulier et contingent une notion nécessaire et universelle. Saint Thomas a montré que la chose est possible, pourvu qu'il y ait une faculté apte à saisir la chose en soi, à considérer l'essence en dehors des caractères individuels qui marquent ses réalisations. Toute essence contient en soi la nécessité de ses conditions constitutives, l'intelligence qui la voit peut voir ces conditions et voir qu'elles sont inséparables. Toute essence est apte de soi à des réalisations indéfinies, l'intelligence qui voit l'essence peut donc remarquer cette aptitude. Ainsi une puissance qui peut voir la chose en soi et l'essence est par là-même en possession des notions fondamentales de nécessité et d'universalité. „ (P. 172.)

En faut-il davantage pour échapper au sensualisme positiviste ou matérialiste d'une part, au subjectivisme sceptique d'autre part? Et dès lors n'y a-t-il pas dans la théorie de l'abstraction, telle qu'elle est communément entendue, une réponse adéquate à la première question soulevée par notre savant auteur?

N'y a-t-il pas une certaine hardiesse, d'ailleurs, à confondre les idées d'être et d'existence?

" La notion d'être, écrit M. de Vorges, n'est que la forme abstraite de la notion d'existence. „ (P. 135.) " Nous n'avons pas voulu, écrit-il encore, proposer autre chose que ce que la philosophie traditionnelle propose, mais la raison profonde de ce qu'elle propose. Cette raison, nous croyons l'avoir montré, est la capacité qu'a l'intellect de percevoir les choses comme existantes, de les considérer comme des êtres. „ (P. 141.)

Est-ce qu'il ne serait pas plus exact de dire que la philosophie traditionnelle a toujours soigneusement distingué entre l'*être*, considéré comme *essence, ce que quelque chose est*, la *quiddité*, et l'*être* envisagé comme *doué d'existence?* N'y a-t-il même pas une école, tout juste celle qui avait le plus de compétence pour nous transmettre l'enseignement oral de saint Thomas, qui établit et maintient entre l'essence et l'existence une distinction *réelle?*

Si intimes que soient la notion de l'être et la perception de l'existence, nous ne voyons pas qu'elles soient identiques, ni même absolument simultanées. Le terme de la *notion*, c'est la nature abstraite. Le fait de l'existence n'est pas tant l'objet d'une notion que d'une affirmation, c'est-à-dire d'un *jugement*. La notion nous dit *ce que* quelque chose est; l'affirmation ou le jugement nous dit *que* quelque chose est.

Mais gardons-nous bien d'appuyer sur ces critiques, qui n'ont

en tout état de cause qu'une importance secondaire. Fussent-elles fondées, l'œuvre de M. de Vorges n'en resterait pas moins entière, et appelée à exercer une puissante influence sur les esprits sincères qui cherchent à s'éclairer sur les problèmes fondamentaux de l'origine et de la valeur de nos connaissances. Au surplus, il est douteux que nos critiques portent coup. D'abord, nous sommes-nous rendu exactement compte de la pensée de M. de Vorges ? Malgré nos efforts sincères pour nous en pénétrer fidèlement, est-il bien sûr que nous ne l'avons point altérée ? Il nous souvient d'avoir lu, il y a quelques années, dans la Revue italienne *Divus Thomas*, une étude du R. P. Lepidi qui nous a vivement frappé et qui développait des idées bien voisines de celles que nous relevons en ce moment chez M. de Vorges. Les articles avaient pour titre : *De ente generalissimo ut est aliquid logicum, psychologicum et ontologicum*. Alors aussi nous avions peine à comprendre comment la thèse du savant religieux restait en harmonie avec la tradition scolastique. Et cependant le R. P. Lepidi est un fils de S. Dominique et un disciple fervent de S. Thomas. Il est une des gloires de son ordre ; il professe aujourd'hui à Rome avec éclat, sa réputation d'orthodoxie thomiste est immaculée. Il est donc à présumer que nous avions mal saisi l'expression de sa pensée ou la portée de sa thèse. Nous renvoyons le lecteur à ce travail du R. P. Lepidi et nous le prions de ne pas se prononcer sur les idées de M. de Vorges et sur les observations que nous y avons jointes avant d'avoir lu cet important document. Il y trouvera peut-être une réponse anticipée à nos critiques, et se ressouviendra dans tous les cas de l'adage prudent de S. Augustin : *In dubiis libertas.*

D. Mercier.

XIII

Introduction a la Mécanique chimique, par P. Duhem, chargé d'un cours complémentaire de physique mathématique et de cristallographie à la Faculté des sciences de Lille. — Gand, Hoste, 1893 (vii-178 pages).

Dans la prochaine livraison de la *Revue*, on analysera cette importante étude historique et critique du savant professeur de Lille. En attendant, nous croyons devoir faire connaître à nos

des palagonites et des produits formés en place, l'auteur belge montre à la fois des connaissances minéralogiques très étendues et toute son habileté à déterminer les substances minérales les plus difficiles à déchiffrer. „ (*Nature*, March 1891.)

Citons encore quelques conclusions des longues recherches de MM. Murray et Renard. — La sédimentation s'opère avec une extraordinaire lenteur dans les régions profondes de l'océan et distantes des terres : beaucoup de débris d'organismes appartenant à l'ère tertiaire y sont à découvert ou enveloppés seulement d'enduits ferro-manganeux. — L'argile rouge des grands fonds, le plus vaste et le plus caractéristique de tous les dépôts pélagiques, est en réalité un dépôt chimique présent partout, mais n'apparaissant avec ses caractères typiques que dans les grandes profondeurs; et il tire son origine principalement de la décomposition des minéraux silicatés des roches basiques contenant de l'alumine. — L'argile rouge et généralement les dépôts pélagiques actuels s'écartent par leurs caractères lithologiques de la presque totalité des formations géologiques étudiées dans les continents.

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

XII

LA PERCEPTION ET LA PSYCHOLOGIE THOMISTE, par M. DOMET DE VORGES, membre de la Société scientifique de Bruxelles, etc. — Paris, Roger et Chernoviz, 1892.

Il y a trois mois, rendant compte ici-même des travaux philosophiques du dernier Congrès de Paris, nous eûmes la bonne fortune de signaler à l'attention des lecteurs de la *Revue* le beau Mémoire de M. Domet de Vorges, ancien président de notre Société scientifique, sur *L'Idée d'être et l'intelligence*. Nous ne nous étendîmes pas alors aussi longuement que nous l'eussions désiré sur cette remarquable étude de philosophie critique, parce que nous savions que notre savant confrère et ami préparait un travail d'ensemble sur le sujet dont il venait de nous présenter une rapide esquisse, et que nous nous promettions bien d'en faire ici l'analyse.

Ce travail a vu le jour. Il mérite toute l'attention des philosophes.

Il est écrit en un style clair, élégant, dégagé des formules dites

« scolastiques » qui ont le privilège d'éveiller les préventions de l'esprit moderne et empêchent trop souvent la pensée de nos grands docteurs d'arriver jusqu'à lui.

M. de Vorges traite deux questions, qui visent droit l'une et l'autre le problème fondamental de la connaissance certaine.

La première question touche à l'origine de la connaissance. Entre ceux qui croient que l'homme ne possède que des connaissances sensibles et ceux qui accordent à l'homme des connaissances suprasensibles, nécessaires et universelles, mais tirées du fond même de l'âme pensante et indépendantes de l'expérience sensible, M. Domet de Vorges prend une position moyenne qu'il définit lui-même en ces termes :

« La première théorie enlève à notre intelligence sa principale richesse; la seconde lui enlève le droit de s'en servir avec sécurité.

» Nous voudrions proposer une opinion moyenne. Elle consisterait à admettre que la connaissance sensible n'est point à elle seule une connaissance complète, qu'elle est complétée et fécondée par une faculté supérieure, que cette faculté supérieure a sans doute des notions qui lui sont propres, mais qu'elle ne perçoit ces notions que dans les choses sensibles et à l'aide des sens. Les notions intelligibles sont ainsi objectives, puisque leur origine vient de la perception même de l'objet. D'un autre côté, ces notions puisées dans le fait ont une valeur universelle, parce que l'intelligence n'envisage pas le fait au point de vue restreint et local de la sensibilité. »

Toute la première étude sur la perception a pour but de mettre en lumière le double aspect sensible et intelligible de nos connaissances fondamentales, et de bien préciser la nature et les rapports des deux facultés que suppose l'acte perceptif.

Ces deux facultés, loin d'être étrangères l'une à l'autre, comme semblent le croire beaucoup de personnes qui ne les envisagent jamais que dans leurs opérations les plus divergentes, sont liées dans l'acte de perception, liées à tel point qu'on ne saurait les distinguer de premier abord, mais seulement par une étude approfondie de leur nature respective. « Voilà pourquoi tant de philosophes, ne voyant l'intelligible que dans la pure donnée abstraite, ne comprennent pas qu'on puisse en trouver le point de départ dans le sensible, tandis que l'enfant et l'ignorant déduisent à chaque instant l'un de l'autre.

» Nous croyons que le sensible contient et nous présente l'intelligible, que l'intelligence l'y saisit, considère les choses sous un

aspect qui échappe aux sens et atteint par là-même à la veritable universalité et à la véritable nécessité. „

Voilà pour la première question.

La seconde est connexe à la précédente. Elle a pour objet de répondre à la principale objection que les philosophes spiritualistes de l'école cartésienne adressent à la philosophie scolastique et que, dans un débat récent, un professeur de la Sorbonne présenta à nouveau en ces termes : " Ou bien l'intelligence apporte quelque chose à la connaissance intellectuelle et toutes nos idées ne viennent pas des sens ; ou bien elle n'apporte que son activité et vous ne pouvez expliquer l'origine des notions supérieures. „

Y a-t-il des données que l'intelligence saisit et que les sens ne saisissent pas ? Quelles sont-elles ? Comment le sens contribue-t-il à nous les procurer, encore qu'il n'y atteigne pas lui-même ?

Telles sont les questions que M. de Vorges, dans sa seconde étude, a pour but d'élucider et de résoudre.

C'est cette étude qui forme la partie vraiment originale de l'ouvrage, celle par conséquent que l'auteur a le plus à cœur de voir discuter.

Un même souffle les anime du reste toutes les deux, un même désir ardent, généreux, profondément sincère, de ramener à la vérité, c'est-à-dire à la philosophie traditionnelle, ces hommes d'un esprit droit, d'une intelligence élevée, que leur éducation première tient éloignés du thomisme. " Élevés comme eux, dit l'auteur à la fin de sa préface, nous avons éprouvé les mêmes difficultés qu'eux. Les objections qu'ils nous font, nous nous les sommes faites... Ce n'est qu'après un long travail que nous sommes parvenus à justifier à nos propres yeux toutes les antinomies qui nous apparaissaient d'abord dans la philosophie scolastique. L'essai que nous leur livrons est en grande partie le résultat des méditations que nous avons faites à ce sujet pendant de longues années, et si nous le publions aujourd'hui, c'est avec un vague espoir qu'il serait peut-être utile à quelques-uns d'entre eux. „

Cet espoir est le nôtre et nous le croyons fondé. M. de Vorges a tout ce qu'il faut pour parler aux hommes de son temps et se faire comprendre d'eux.

Ceux qui prendront son ouvrage en mains, quels que soient leurs préjugés à l'endroit de l'École, le liront jusqu'au bout et ne pourront pas n'être pas frappés de la modération, de la fermeté, de l'à-propos des doctrines qu'il formule et s'efforce avec une chaleur si généreuse de communiquer à autrui.

Les cinq premiers chapitres traitent du rôle des sens, des sens extérieurs et des sens intérieurs, dans la perception intellectuelle.

Le chapitre VI, intitulé : *De l'instinct et de la raison particulière,* a pour but de rechercher comment l'essence particulière ou individuelle peut faire l'objet d'une faculté qui est sensible, liée intrinsèquement à un organe matériel, comme est la faculté à laquelle les scolastiques donnent le nom de " cogitative „ ou le nom plus spécial de " raison particulière „.

C'est que l'existence concrète et individuelle n'offre pas une notion simple, mais une notion complexe, dont les divers éléments sont saisis dans leur union par l'union de différentes facultés.

" L'existence individuelle comprend, en effet, une nature qui de soi est universelle : c'est là l'objet propre de l'intelligence ; mais elle comprend en outre des circonstances qui l'individualisent : c'est là l'objet propre des sens. La réunion de ces deux objets, qui diffèrent en nature, mais qui sont liés entre eux comme la chose et son mode, est perçue par le concours des deux facultés, par une sorte de compost de l'intelligence et de la sensibilité ; et ce compost, on l'appelle la raison particulière (1). C'est ce qu'indique nettement saint Thomas lorsqu'il dit que la cogitative, chez l'homme, ou la raison particulière, a le don de percevoir l'être en vertu de son union avec l'intellect. " Quod contingit ei (aestimativae) in quantum unitur intellectivae in eodem subjecto „ (2). " Illam eminentiam habet cogitativa in homine non per id quod est proprium sensitivae partis, sed per aliquam affinitatem et propinquitatem ad rationem universalem secundum quandam refluentiam „ (3).

En réalité donc et en rigueur de termes, c'est l'intelligence seule qui est à même de percevoir l'être.

Dès lors, préciser le sens de la notion d'être, et montrer en quoi consiste la perception intellectuelle de l'être, telle est la tâche que devait franchement aborder M. de Vorges.

Il l'a fait aux chapitres VII et VIII de sa première étude.

Le chapitre IX qui complète celle-ci n'est que le complément des deux chapitres précédents. L'auteur y fait voir comment, de la notion générale d'être, dérivent les notions d'unité, de

(1) P. 98.
(2) *De Anima*, II, 13.
(3) *Summa theol.*, I, 78, 4.

nombre, de substance, de temps, du vrai, du bien, même du beau, et les premiers principes de la raison spéculative et de la raison pratique. C'est là, pour le dire en passant, un travail que les idéologues scolastiques ont trop souvent négligé. Il est assez commode de prendre en bloc l'acquis de l'intelligence et de déclarer d'un trait de plume que tout entier, tel qu'il est, il a la même origine, l'observation sensible fécondée par les énergies de l'intellect. Mais dire que cela est et dire pourquoi et comment cela est, c'est deux, observe avec raison Aristote. Pas mal d'auteurs paraissent l'oublier.

Plus loin, au chapitre XI, l'auteur poursuit cet intéressant travail d'analyse et déduit successivement des données de la conscience les notions d'activité, de cause, de fin, de possession et de droit; il parvient ainsi à faire le départ de la plupart de nos idées et à les rattacher à leur source immédiate respective.

Mais revenons aux chapitres VII et VIII qui sont, nous l'avons dit, les principaux. Combinés avec le chapitre X où il est question de l'intellect agent et de son rôle dans la formation de nos idées, ils constituent l'exposé complet des vues de l'éminent philosophe français sur la perception intellectuelle.

Le chapitre XII, en effet, *La perception totale de l'être individuel*, ne fait que synthétiser les résultats de l'analyse des chapitres antérieurs. Et les chapitres XIII et XIV, intitulés : *Objectivité de la perception sensible; — Du rôle des sens dans la pensée réfléchie*, ne sont, en réalité comme dans la pensée de l'auteur, que des appendices de la thèse principale.

Quelle est-elle donc, cette thèse principale ?

Si nous ne nous trompons, elle se résumerait à peu près comme suit :

L'objet propre de l'intelligence humaine, c'est l'être. " Est enim proprium objectum intellectus ens intelligibile „ (1). " Intellectus per prius apprehendit ipsum ens „ (2).

Or l'être, " ens „, désigne l'existence.

Donc l'objet propre de l'intelligence, c'est l'existence.

Aussi l'acte primordial de l'intelligence s'appellerait-il mieux un acte de perception qu'un acte d'abstraction.

Cet acte de perception n'est pas simple, il est complexe. " Nous croyons, dit l'auteur, que le premier acte de perception implique à la fois un premier acte de sensation et un premier acte d'intelligence. „ (P. 3.)

(1) *Cont. Gent.* II, 98.
(2) *Summ. theol.* I, 16, 4.

Dès lors, c'est à peine s'il y a encore lieu de poser le problème de la valeur objective de nos connaissances intellectuelles; tout au moins ce problème est-il singulièrement simplifié; car " toute perception humaine emporte la constatation d'une existence. C'est là son caractère essentiel, son but premier et principal. Toute chose perçue est considérée par nous, non exclusivement comme une chose agréable ou désagréable, mais d'abord et surtout comme un objet réel, déterminé, existant, et, pour employer l'expression de Kant, très juste ici, comme une " chose en soi „. La philosophie moderne a fait de la chose en soi quelque donnée mystérieuse, inaccessible, nouménale : en réalité, rien n'est plus simple. Toute chose connue comme existante est connue en soi, car elle n'a rien de plus en soi que son existence. Or, notre expérience nous convainc à chaque instant que nous connaissons des choses qui existent, dont nous saisissons directement l'existence; nous reconnaissons très bien que cette existence est en soi indépendante de la connaissance que nous en avons. „

Et tandis que la valeur objective de nos connaissances est assurée, le sensualisme et le matérialisme sont radicalement réfutés. Car non seulement il est d'expérience que l'intelligence perçoit l'être, mais il est manifeste aussi que seule elle peut le percevoir. " La perception de l'existence actuelle de l'objet actuellement présent n'est pas le fait de la sensation... „ (P. 123.) " La sensibilité reçoit les images comme des causes d'attrait ou de dégoût; l'intelligence, au contraire, reçoit les idées comme les caractères de ce qui est. „ (P. 122.)

" Et c'est précisément parce que l'intelligence perçoit l'existence et y puise l'idée d'être, que cette faculté est capable des principes nécessaires et des notions universelles. „ (P. 124.)

Ainsi se trouvent donc résolues les deux graves questions qui préoccupaient l'auteur : la valeur de nos connaissances universelles et nécessaires se trouve assurée en dépit de leur origine expérimentale; et la nature caractéristique de l'acte intellectuel aussi bien que sa différence d'avec la sensation trouvent leur explication et leur justification dans l'analyse de l'acte complexe de la perception des existences.

Que penser de cette théorie?

On ne saurait assez insister, lorsqu'on remue les problèmes qui touchent aux multiples démarches de l'activité de l'âme, sur l'unité réelle, vivante, qui les relie toutes dans le composé humain. Distinction n'est pas divorce.

A force d'analyser le contenu de la conscience, de souligner

l'irréductibilité des caractères de la sensation et de la pensée, on en vient aisément à se figurer que la loi de l'activité psychique est que ces deux actes cognitifs s'exercent isolément. C'est le contraire qui est vrai. Ils sont si peu isolés, dans le fait, qu'il faut même un sérieux effort de réflexion pour discerner leur part respective d'action dans la perception totale de la nature des choses. C'est le grand mérite de M. Domet de Vorges d'avoir mis vivement en relief cette unité vivante de la conscience dans la dualité des éléments sensible et intelligible qui concourent à l'intégration de l'acte perceptif des existences. Lorsque le regretté Van Weddingen, auquel M. de Vorges rend un hommage bien mérité, faisait reposer la certitude sur les tendances instinctives primordiales des êtres et en particulier sur " l'impulsion incoercible de la pensée " ou " l'instinct rationnel ", comme il se plaisait à l'appeler, il n'avait pas au fond d'autre préoccupation, croyons-nous, que d'affirmer le même fait et d'énoncer la même loi.

Jusque-là nous souscrivons des deux mains aux idées développées par l'auteur de *La Perception et la psychologie thomiste.*

Mais l'*interprétation* que propose M. de Vorges de la perception intellectuelle de l'être appelle, nous semble-t-il, certaines réserves.

D'abord, la difficulté soulevée par les tenants de la psychologie cartésienne, et que nous résumions plus haut en un dilemme en apparence serré : " Ou bien l'intelligence apporte quelque chose à la connaissance intellectuelle, et toutes nos idées ne viennent pas des sens; ou bien elle n'apporte que son activité, et vous ne pouvez expliquer l'origine des notions supérieures; " cette difficulté qui a fait chercher à M. de Vorges une interprétation nouvelle — ou, selon lui, rajeunie — de l'idéologie de l'École, est-elle bien irréfutable? Tient-elle réellement en échec les idées courantes de la scolastique, ou plus exactement de la néo-scolastique sur l'origine des notions supérieures?

Nous ne le pensons pas. Pour notre part, ainsi que nous l'écrivions naguère, nous eussions accepté tout de bon la seconde partie du dilemme, accordé donc que " l'intelligence n'apporte à la formation de la pensée que son activité; et, au défi d'expliquer ainsi l'origine de nos notions supérieures, nous eussions répondu : Si par notions supérieures vous entendez des notions dont le contenu *positif* est autre que celui que les sens nous fournissent et que l'intelligence abstrait et universalise, nous nions purement et simplement que nous ayons de ces notions supé-

rieures. Si au contraire vous nous accordez que nos notions même supérieures empruntent tout leur contenu positif aux données des sens et que c'est par voie de *négation* — ou par des procédés d'analogie et de transcendance, qui sont encore en définitive des procédés de négation, — que l'intelligence discerne le suprasensible du sensible, alors l'activité intellectuelle et les sens suffisent pour expliquer l'origine de toutes nos pensées, y compris nos " notions supérieures ".

Il faut bien d'ailleurs que l'objet des notions supérieures, l'objet de l'idée d'être, par exemple, soit contenu dans l'objet matériel saisi par les sens, car sinon d'où arriverait-il à l'intelligence? S'il est vrai que rien n'est dans l'intelligence qui ne lui soit venu par les sens (p. 3), donc l'idée d'être qui est dans l'intelligence lui est venue par les sens.

Connaître, en effet, ce n'est pas créer, c'est considérer ce qui est. Or c'est dans l'objet tel qu'il est présenté par les sens que l'intelligence considère son propre objet. Donc, si l'intelligence connaît l'existence, c'est que l'existence lui est présentée par les sens. Mais si les sens présentent à l'intelligence l'existence, c'est qu'ils la perçoivent.

Non pas évidemment que les sens et l'intellect saisissent l'existence de façon identique. C'est *cet* être existant, ou mieux, *ce* sujet concret que les sens perçoivent, tandis que l'intellect saisit abstraitement *la* substance et arrive plus tard à discerner entre *le sujet* qui est subsistant et *la subsistance* elle-même. Mais cela n'empêche que ce qui est saisi sous forme abstraite et universelle par l'intelligence est saisi d'abord concrètement par les facultés sensitives. *Ce* Socrate que les sens connaissent, dit Aristote, c'est tel homme qui a nom Socrate, *Socrates est hic homo.*

Il semble donc qu'il en soit de l'idée d'être comme de toute autre notion intellectuelle. Elle a le même objet *matériel* que la perception sensitive qui la précède, mais dans cet objet matériel commun le sens et l'intelligence perçoivent un objet *formel* respectivement différent. L'objet formel du premier est contingent, singulier; celui de la seconde est nécessaire, universel.

Nul n'a mieux rendu l'opposition qu'il y a entre les caractères de l'objet senti et ceux de l'objet pensé que M. Domet de Vorges lui-même. Nul aussi n'a plus clairement montré la supériorité essentielle de ce pouvoir d'abstraction que l'École est d'accord à revendiquer comme la prérogative de l'intelligence humaine. " Beaucoup de gens s'imaginent, écrit-il, qu'on ne peut puiser

dans le fait particulier et contingent une notion nécessaire et universelle. Saint Thomas a montré que la chose est possible, pourvu qu'il y ait une faculté apte à saisir la chose en soi, à considérer l'essence en dehors des caractères individuels qui marquent ses réalisations. Toute essence contient en soi la nécessité de ses conditions constitutives, l'intelligence qui la voit peut voir ces conditions et voir qu'elles sont inséparables. Toute essence est apte de soi à des réalisations indéfinies, l'intelligence qui voit l'essence peut donc remarquer cette aptitude. Ainsi une puissance qui peut voir la chose en soi et l'essence est par là-même en possession des notions fondamentales de nécessité et d'universalité. „ (P. 172.)

En faut-il davantage pour échapper au sensualisme positiviste ou matérialiste d'une part, au subjectivisme sceptique d'autre part? Et dès lors n'y a-t-il pas dans la théorie de l'abstraction, telle qu'elle est communément entendue, une réponse adéquate à la première question soulevée par notre savant auteur?

N'y a-t-il pas une certaine hardiesse, d'ailleurs, à confondre les idées d'être et d'existence?

" La notion d'être, écrit M. de Vorges, n'est que la forme abstraite de la notion d'existence. „ (P. 135.) " Nous n'avons pas voulu, écrit-il encore, proposer autre chose que ce que la philosophie traditionnelle propose, mais la raison profonde de ce qu'elle propose. Cette raison, nous croyons l'avoir montré, est la capacité qu'a l'intellect de percevoir les choses comme existantes, de les considérer comme des êtres. „ (P. 141.)

Est-ce qu'il ne serait pas plus exact de dire que la philosophie traditionnelle a toujours soigneusement distingué entre l'*être*, considéré comme *essence, ce que quelque chose est*, la *quiddité*, et l'*être* envisagé comme *doué d'existence?* N'y a-t-il même pas une école, tout juste celle qui avait le plus de compétence pour nous transmettre l'enseignement oral de saint Thomas, qui établit et maintient entre l'essence et l'existence une distinction *réelle?*

Si intimes que soient la notion de l'être et la perception de l'existence, nous ne voyons pas qu'elles soient identiques, ni même absolument simultanées. Le terme de la *notion*, c'est la nature abstraite. Le fait de l'existence n'est pas tant l'objet d'une notion que d'une affirmation, c'est-à-dire d'un *jugement*. La notion nous dit *ce que* quelque chose est; l'affirmation ou le jugement nous dit *que* quelque chose est.

Mais gardons-nous bien d'appuyer sur ces critiques, qui n'ont

en tout état de cause qu'une importance secondaire. Fussent-elles fondées, l'œuvre de M. de Vorges n'en resterait pas moins entière, et appelée à exercer une puissante influence sur les esprits sincères qui cherchent à s'éclairer sur les problèmes fondamentaux de l'origine et de la valeur de nos connaissances. Au surplus, il est douteux que nos critiques portent coup. D'abord, nous sommes-nous rendu exactement compte de la pensée de M. de Vorges ? Malgré nos efforts sincères pour nous en pénétrer fidèlement, est-il bien sûr que nous ne l'avons point altérée ? Il nous souvient d'avoir lu, il y a quelques années, dans la Revue italienne *Divus Thomas,* une étude du R. P. Lepidi qui nous a vivement frappé et qui développait des idées bien voisines de celles que nous relevons en ce moment chez M. de Vorges. Les articles avaient pour titre : *De ente generalissimo ut est aliquid logicum, psychologicum et ontologicum.* Alors aussi nous avions peine à comprendre comment la thèse du savant religieux restait en harmonie avec la tradition scolastique. Et cependant le R. P. Lepidi est un fils de S. Dominique et un disciple fervent de S. Thomas. Il est une des gloires de son ordre ; il professe aujourd'hui à Rome avec éclat, sa réputation d'orthodoxie thomiste est immaculée. Il est donc à présumer que nous avions mal saisi l'expression de sa pensée ou la portée de sa thèse. Nous renvoyons le lecteur à ce travail du R. P. Lepidi et nous le prions de ne pas se prononcer sur les idées de M. de Vorges et sur les observations que nous y avons jointes avant d'avoir lu cet important document. Il y trouvera peut-être une réponse anticipée à nos critiques, et se ressouviendra dans tous les cas de l'adage prudent de S. Augustin : *In dubiis libertas.*

D. Mercier.

XIII

Introduction a la Mécanique chimique, par P. Duhem, chargé d'un cours complémentaire de physique mathématique et de cristallographie à la Faculté des sciences de Lille. — Gand, Hoste, 1893 (vii-178 pages).

Dans la prochaine livraison de la *Revue,* on analysera cette importante étude historique et critique du savant professeur de Lille. En attendant, nous croyons devoir faire connaître à nos

lecteurs quelques lignes de la préface qui en résument les conclusions, ainsi que le sommaire des divers chapitres.

« Jusqu'au milieu de ce siècle, on regarde toute réaction exothermique comme une combinaison, toute réaction endothermique comme une décomposition.

« Au milieu de ce siècle, J. Thomsen crée le système thermochimique : dans ce système, une réaction exothermique est une réaction susceptible de se produire directement et spontanément; une réaction endothermique est une réaction indirecte ; elle ne peut se produire sans le secours d'une énergie étrangère.

« Aujourd'hui, nous savons qu'un composé endothermique est un composé qui se forme d'autant plus aisément que la température est plus élevée; qu'un composé exothermique, au contraire, se dissocie d'autant plus complètement que la température s'élève davantage. »

M. P. Duhem retrace l'histoire de ces trois phases de la mécanique chimique, en douze chapitres dont voici les titres : 1. Affinité et cohésion. — 2. Chaleur et énergie interne. — 3. Chaleur et affinité. — 4. Le principe du travail maximum. — 5. Les énergies étrangères. — 6. La dissociation. — 7. La théorie cinétique. — 8. Hypothèses mécaniques et théories physiques. — 9. L'entropie et le potentiel thermodynamique. — 10. La pile voltaïque. — 11. Le déplacement de l'équilibre. — 12. Équilibres véritables et faux équilibres. Conclusions.

P. M.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ASTRONOMIE.

—

Le nouveau satellite de Jupiter. — Une découverte bien inattendue vient d'être faite au moyen de la grande lunette de l'observatoire de Lick, en Californie: c'est celle d'un cinquième satellite de Jupiter. La nouvelle a paru d'autant plus étonnante que le système de Jupiter est le plus anciennement et, semblait-il, le plus complètement connu de tous ceux qui circulent autour du Soleil. Galilée le voyait déjà tel que nous le connaissions encore il y a deux mois, et les travaux de tant d'astronomes qui l'ont étudié assidûment pendant trois siècles ne faisaient guère soupçonner qu'il y eût encore là un nouveau corps à découvrir. Il est vrai que la facilité même de l'observation des quatre satellites principaux, et leur grandeur si bien proportionnée à l'énorme masse de Jupiter, n'étaient guère faites pour inspirer l'idée de chercher un compagnon si minuscule à la plus grosse planète du monde solaire. De plus, la terre avait un satellite, Mars deux, Jupiter quatre, Saturne huit; et par une de ces préventions qui font chercher partout des lois d'harmonie et de proportion dans la nature, on trouvait probable que la belle ordonnance de cette progression géométrique ne serait pas troublée.

Chose singulière! Il se trouve pourtant que le nouveau satel-

lite, comme l'a fait remarquer M. J. Tisserand dans sa communication à l'Académie des sciences de Paris, se conforme assez bien à une loi empirique qui n'a guère plus de fondement. Cette loi, assez analogue à celle de Bode, est due à M. Gaussin : elle s'applique aux distances des satellites à leurs planètes, et s'exprime par la formule $a = \alpha K^n$, où n prend les valeurs entières 1, 2, 3.... , α étant égal à 1,336 et K à 1,6425 dans le système de Jupiter.

Voici la comparaison de la loi et des observations :

n	1	2	3	4	5	6
a calculé . . .	2,20	3,60	5,92	9,72	15,97	26,23
a observé . . .	2,50	„	6,05	9,62	15,35	27,00

On voit que, si l'on pouvait avoir confiance dans ces rapprochements plus ingénieux que solides, on devrait s'attendre à trouver encore un satellite à la distance 3,6.

Quoi qu'il en soit, la découverte de M. Barnard prouve que l'on est en droit d'attendre encore de merveilleux services des télescopes gigantesques construits dans ces dernières années, quand ils sont entre les mains d'astronomes expérimentés et actifs. On sait que la lunette de l'observatoire du mont Hamilton, dont l'objectif a près d'un mètre ($0^m,914$) d'ouverture, est la plus grande du monde; elle est d'ailleurs à plus de 1300 m. d'altitude, ce qui la met dans des conditions atmosphériques exceptionnellement favorables.

Même faite avec ce magnifique instrument, la découverte fait grand honneur à l'habileté de M. Barnard, comme on peut s'en convaincre en lisant le rapport publié par lui dans l'*Astronomical Journal*.

Le satellite lui semble être de treizième grandeur tout au plus, bien qu'il soit difficile de lui assigner une grandeur probable, à cause de l'éclat de Jupiter. Il a toujours paru beaucoup plus difficile à observer que les satellites de Mars, qui sont cependant extrêmement faibles, comme on le sait. La principale difficulté vient de la proximité de Jupiter, le satellite ne quittant jamais l'auréole de lumière diffuse qui entoure la planète. D'après M. Barnard, il faut une lunette d'au moins vingt-six pouces pour l'apercevoir; encore ne le verrait-on que dans des circonstances exceptionnelles de transparence de l'air. Cette appréciation est singulièrement confirmée par l'insuccès de MM. Henry, de Paris, qui ont essayé en vain, à plusieurs reprises, d'obtenir une image

du satellite sur leurs clichés. On connaît pourtant l'énorme supériorité de la photographie à longues poses sur l'observation directe, pour les objets très peu lumineux.

C'est aussi ce qui explique comment ce petit corps a pu échapper pendant si longtemps aux plus puissants instruments. Néanmoins M. W. Denning trouve étrange qu'on ne l'ait pas découvert par l'ombre qu'il projette sur Jupiter à chacun de ses passages : il lui semble que cette ombre doit être beaucoup plus facile à apercevoir que le satellite lui-même, et il croit qu'elle doit avoir été observée bien des fois en réalité, mais comme une simple tache de la planète.

C'est le 9 septembre que M. Barnard, en explorant attentivement les environs immédiats de Jupiter, a rencontré pour la première fois ce satellite, comme une petite étoile excessivement faible, tout près du disque et non loin du troisième satellite. L'idée lui vint tout de suite qu'il avait affaire à un nouveau satellite, et ce qui le confirma dans ce soupçon, c'est qu'il le vit se rapprocher rapidement de la planète et disparaître dans la lumière diffuse qui entourait celle-ci. Malheureusement un accident survenu au micromètre ne lui avait pas permis de prendre assez de mesures pour annoncer sa découverte en toute sécurité. Mais le lendemain et les nuits suivantes, il eut la satisfaction de faire des observations précises, qui confirmèrent entièrement ses prévisions. Les dernières mesures furent effectuées en masquant la planète au moyen d'une lame de mica noirci à la fumée, ce qui diminuait assez la lumière pour permettre de voir en même temps et facilement Jupiter et le satellite.

La réduction des observations donne 112 400 milles (180 850 kilomètres) pour la distance au centre de Jupiter. C'est environ deux fois et demie le rayon équatorial de la planète. Le satellite ne s'éloigne donc jamais du bord du disque de plus des trois quarts du diamètre. De cette distance on tire, pour la durée de révolution, 11 heures 50 minutes (exactement 11 h. 49 m., 63), et non 17 heures 36 minutes, comme on l'avait annoncé d'abord.

Les mesures de latitude montrent que l'orbite du satellite est dans le plan de l'équateur de la planète, et M. Barnard en conclut que le nouveau corps est un membre très âgé de la famille de Jupiter, car il a fallu sans doute de longues séries de siècles pour amener l'orbite dans cette position.

Distances des étoiles à la Terre (1). — Dans le rapport sur les travaux astronomiques de l'observatoire de Yale College en 1891, le Dr Elkin nous donne les premiers résultats de ses mesures héliométriques. Il s'est occupé notamment des étoiles de première grandeur de l'hémisphère nord dans le but de déterminer leurs parallaxes et, par suite, leurs distances à la Terre. Nous donnons dans le tableau suivant les distances de dix de ces étoiles exprimées par le nombre d'années que la lumière met à les parcourir. Rappelons à ce sujet que la vitesse de la lumière est d'environ 300 000 kilomètres par seconde, ou plus exactement 299 893 ± 58 kilomètres. Cette dernière valeur est celle que M. Harkness a déduite des observations de Foucault (1862), M. Cornu (1872 et 1874), M. Michelson (1879 et 1882), MM. Young et Forbes (1881) et M. Newcomb (1882) (2).

NOM DE L'ÉTOILE.	TEMPS EMPLOYÉ PAR LA LUMIÈRE.
α du Taureau = Aldébaran	32,5 ans.
α du Cocher = la Chèvre	34,4 »
α d'Orion = Béteigeuse.	148,0 »
α du Petit Chien = Procyon	9,3 »
β des Gémeaux = Pollux	57,4 »
α du Lion = Régulus	36,7 »
α du Bouvier = Arcturus	204,0 »
α de la Lyre = Wéga	35,5 »
α de l'Aigle = Altaïr	15,3 »
α du Cygne = Deneb	272,0 »

Il ne faut pas cependant jusqu'ici donner à ces sortes de déterminations une confiance illimitée. Les divergences notables qui existent entre les valeurs fournies par les différents astronomes qui se sont occupés de ces questions nous le montrent clairement. Aussi nous venons de voir que, d'après M. Elkin, la lumière emploie 34,4 ans à nous venir de la Chèvre ; M. C. A. F. Peters, observateur également habile, nous donne pour la même étoile le chiffre de 81,37 ans ; d'autres ont obtenu 71 ans. De même, au

(1) NATURE (London), t. XLVI, p. 280. July 1892. — NATUR UND OFFENBARUNG, Oct. 1892, p. 628.

(2) Wm Harkness, *The Solar Parallax and its related Constants.* Washington 1891, p. 33. — Voir aussi cette REVUE, t. XXI, p. 272. J. Delsaulx, S. J., *La Vitesse de propagation de la lumière.*

sujet d'Arcturus, M. Elkin arrive à 204 ans, M. Peters à 25 ans, d'autres à 26 ans. Enfin, pour Wéga, M. Elkin assigne 35,5 ans, tandis que MM. Struve et Peters indiquent 16 ou 17 ans. Il convient d'ailleurs d'ajouter que M. Elkin lui-même n'attache pas une égale valeur à chacun des chiffres qu'il nous présente. Il a soin dans son Mémoire de faire suivre chaque résultat de l'erreur probable des observations ; or, précisément pour Arcturus, et aussi pour Bételgeuse et Deneb, ce résultat est de l'ordre des erreurs d'observation, ce qui veut dire que la grandeur à mesurer échappe à notre appréciation.

Les parallaxes les mieux connues sont celles de α du Centaure et de la 61e du Cygne. La première de ces deux étoiles fut observée en 1832 et 1839 par Henderson et Maclear au Cap de Bonne-Espérance. Ces deux astronomes trouvèrent 0",91. M. le Dr Gill, le directeur actuel de l'observatoire du Cap, obtient 0",75, ce qui équivaut à un trajet de 4,34 ans pour la lumière. Bessel suivit la 61e du Cygne à Königsberg de 1837 à 1840, et déduisit de ses observations une parallaxe de 0",35 pour l'étoile en question. O. Struve de son côté évalue cette même parallaxe à 0",50, d'où il suivrait que la lumière met 6,51 ans à nous venir de la 61e du Cygne. — Winnecke attribue la même parallaxe 0",50 à l'étoile 21 185 de Lalande. — Enfin, pour terminer, disons que Sirius, la plus belle étoile du ciel, avait, d'après les mesures de Henderson et Maclear, une parallaxe de 0",15 ; de nouvelles recherches en firent monter la valeur à 0",23, puis enfin à 0",38 ; c'est M. Gill qui propose ce dernier chiffre ; les trois résultats que nous venons d'énoncer correspondent respectivement à 21,96 ans, 14 ans et 8,57 ans (1) pour le temps nécessaire à la propagation de la lumière de Sirius jusqu'à nous.

V.-S. D.-L.

(1) Arago, *Astronomie populaire*, Paris, 1857, t. I, p. 435. — Chambers, *A Handbook of Descriptive and Practical Astronomy*, 4th Edit., t. III, p. 10. Oxford, 1890.

ETHNOGRAPHIE.

Questions aryennes. — Le problème du berceau des Aryas ne cesse point de préoccuper l'attention des ethnographes. Sans parler de plusieurs articles où M. Penka a essayé de fortifier ses vues sur l'origine scandinave de la race aryenne (1), la controverse s'est continuée principalement autour d'un mémoire de M. Johann Schmidt (2).

Dans ce travail, le professeur de Berlin donne d'abord son appréciation sur les plus récentes recherches. A M. Max Müller (3) et à moi-même (4), il reproche un argument tiré du développement littéraire des Hindous, déjà considérable à une époque où la civilisation des Aryas européens, des Germains, par exemple, était encore si rudimentaire. Il dénie à cette preuve toute valeur et pour la question du pays d'origine et pour les migrations dans un sens ou dans un autre, c'est-à-dire ou d'Europe en Asie, ou d'Asie en Europe. Ainsi, les Lithuaniens sont restés longtemps stationnaires dans la culture des lettres, alors que leurs voisins, les Allemands, étaient arrivés à un haut point. De même, les Hindous auraient pu émigrer de Scandinavie dans l'Inde et atteindre un degré élevé de civilisation, alors que le peuple demeuré sur le sol de la première patrie persistait dans son infériorité. Ce raisonnement de M. J. Schmidt ne manque pas d'une certaine justesse.

C'est aussi à bon droit qu'il récuse les données fournies par Victor Hehn (5) et Brünnhofer (6). Le nom commun qui désigne le sel dans toutes les langues aryennes ne dérive pas nécessairement de la langue primitive, et les dénominations géographiques ne sont pas démontrées être originaires de l'Arménie, ni même appartenir au vocabulaire aryen.

Les quatre mots sémitiques retrouvés par Fritz Hommel (7)

(1) *Die arische Urzeit im Lichte der neuesten Anschauungen*, dans AUSLAND, 1890, n°s 38, 39, pp. 741-44, 764-71; *Die Entstehung der arischen Rasse*, IBID., 1891, n°s 7, 8, 9, 10, pp. 132-36, 141-45, 170-74, 191-95.

(2) *Die Urheimat der Indogermanen und der europäische Zahlsystem*, dans ABHANDLUNGEN DER K. PR. AKADEMIE DER WISSENSCH. ZU BERLIN, 1890.

(3) *Three Lectures on the Science of Language*, p. 61.

(4) *L'Origine européenne des Aryas*, pp. 40, 45.

(5) *Das Salz*, p. 16.

(6) *Ueber den Ursitz der Indogermanen*. Cfr REV. DES QUEST. SCIENT., janvier 1885.

(7) *Die Namen der Säugethiere bei den südsemit. Völkern*, dans ARCHIV. F. ANTHROP., t. XV, p. 164.

dans le dictionnaire des Aryas ne trouvent pas non plus grâce devant la critique de M. Schmidt, mais il propose l'identité du nom de cuivre *lôhas* et de celui de la hache *paraçus*, πέλεκυς, avec l'assyrien *urud* et *pilakku*.

M. Schmidt s'en prend ensuite aux divers arguments fournis en faveur de l'origine européenne, et il en démontre l'inanité. Il déclare n'accorder aucune confiance aux considérations anthropologiques de M. Penka et réfute péremptoirement ses preuves tirées de la philologie.

Mais le professeur de Berlin ne s'en tient pas à ce travail de démolition; il a trouvé, en faveur de l'origine asiatique des Aryas, une preuve extrêmement ingénieuse. En étudiant la numération chez les anciens Germains, il a constaté, à côté du système décimal, l'influence d'une base duodécimale ou plutôt sexagésimale. Nous ne pouvons reproduire ici le détail des preuves accumulées par M. Schmidt pour appuyer cette découverte; ceux que la question intéresse spécialement devront en étudier l'ensemble dans le mémoire même.

Or, un autre peuple de l'antiquité, les Babyloniens, a un usage identique. On sait que le *sossos* = 60 et le *soros* = 60 × 60 = 3600 constituent une des bases du calcul babylonien. Que conclure de ce rapprochement entre les anciens peuples de l'Assyrie et de la Germanie? Puisque rien ne démontre que cette influence est due à des relations commerciales, M. Schmidt admet qu'à une certaine époque de leur histoire les Aryas et les Sémites ont été proches voisins. Ce voisinage fut nécessairement en Asie.

Contre cette thèse de M. J. Schmidt, M. Frédéric Müller a opposé les objections suivantes (1). Jamais le système sexagésimal ne fut d'usage vulgaire, il n'apparaît que dans le calcul. Comment se fait-il que seuls les Germains l'ont emprunté, alors que d'autres voisins des Babyloniens, les Sémites, par exemple, ne s'en sont point servi? Et puis, en fait, y a-t-il un système sexagésimal? Enfin, il n'est pas possible de déterminer la place qu'auraient occupée auprès des Babyloniens les Aryo-Germains et moins encore de tracer leur itinéraire vers l'Europe.

Voici la réponse faite par M. Johann Schmidt à ces critiques (2). Il maintient que les combinaisons par 12, 60, 120 constituent un

(1) *Johannes Schmidt "Ueber die Urheimat der Indogermanen"*. AUSLAND, 1891, n° 23, pp. 441-44.

(2) *Noch einmal die Urheimat der Indogermanen*. IBID., 1891, n° 27, pp. 524-29.

véritable système de numération pratique et usuelle chez les anciens Germains et les Babyloniens. Comment M. Müller peut-il demander pourquoi les Sémites n'ont pas emprunté cet usage, quand il est notoire que les Sémites, les Phéniciens, les Grecs et même les Égyptiens l'ont adopté dans leurs mesures, leurs poids et leurs monnaies ? Sans doute, l'argument ne va pas jusqu'à préciser sur la carte d'Asie la place exacte qu'y occupait la patrie primitive des Aryas, mais il constitue une invincible présomption de leur origine asiatique.

Le cours d'anthropologie de l'Université de Bruxelles. — M. le Dr E. Houzé a publié le programme du cours d'anthropologie qu'il a professé à l'Université de Bruxelles en 1890-91. C'est un résumé fort suggestif des principales questions relatives à l'histoire de l'homme. Divisé en deux parties distinctes, le cours de M. Houzé s'occupe successivement de l'anthropologie *zoologique* et de l'anthropologie *ethnique*. Nous n'avons pas à nous occuper ici de la première partie, nous dirons seulement notre avis sur la seconde.

Avant cela, il nous faut pourtant relever une méprise. M. Houzé en veut très fort à la psychologie, qu'il accuse de donner de l'homme une idée fausse et d'aboutir à « des systèmes métaphysiques plus ridicules les uns que les autres ». Il a tort : la psychologie et l'anthropologie étudient dans l'homme deux aspects bien différents. Mais peut-être M. Houzé se refuse-t-il à admettre ce double point de vue. En effet, la phrase suivante, que nous lui empruntons, équivaut, nous le craignons bien, à une négation de tout principe spirituel pour réduire l'homme à un ensemble de phénomènes purement matériels : « La seule philosophie est celle qui s'occupe des lois naturelles qui régissent la cosmogénie, la géogénie et l'ensemble des êtres organisés dans leur structure et leurs fonctions, depuis l'amibe jusqu'à l'homme. » Même pour un matérialiste, la déclaration est un peu tranchante, car nous en connaissons qui avouent une autre philosophie que celle de la végétation et de la digestion. De vrai, traiter de ridicule la philosophie d'Aristote et de saint Thomas d'Aquin, c'est dépasser la mesure et déroger à la gravité qui convient au savant.

Nous ne chercherons pas à imiter M. Houzé en qualifiant la tendance d'évolutionnisme radical qui perce dans toute la première partie de son cours. Cependant il ne nous serait point difficile de trouver des appréciations sévères, même chez les

savants rationalistes, pour caractériser la méthode de ceux qui fondent la science sur une simple hypothèse. Sans insister davantage sur ces divergences, nous préférons parler de la seconde partie du programme de M. Houzé, où le terrain de la conciliation sera plus aisé à trouver.

Dans l'étude comparée des races humaines, M. Houzé considère les caractères morphologiques, anatomiques, physiologiques et pathologiques. Toutefois, si ces divers caractères peuvent servir à différencier les types, ils sont impuissants à fournir la base d'un groupement méthodique. Même en combinant, comme M. Topinard, cinq caractères, l'indice nasal, la forme des cheveux, l'indice céphalique, la couleur et la taille, on arrive à ce résultat étrange de réunir dans un même groupe les Scandinaves et les Lapons, dans un second les Esquimaux et les Polynésiens, dans un troisième les Boschimans et les Négritos.

La seizième leçon de M. Houzé est consacrée à l'ethnographie préhistorique. Quatre types principaux caractérisent les races primitives, les dolichocéphales de Canstadt (Neanderthal, Spy, Naulette), les dolichocéphales de Cro-Magnon, les brachycéphales de Furfooz et les dolichocéphales de Hallstadt. Dans ce chapitre, nous relevons deux assertions singulières : l'existence de l'homme quaternaire a été combattue avec acharnement par des savants plus préoccupés des dogmes religieux que des progrès de la science. Pourquoi M. Houzé ne cite-t-il pas leurs noms? Nous avouons ne pas connaître ces savants. Ensuite, on nous dit que l'homme quaternaire appartenant déjà à plusieurs types, cette diversité est un argument en faveur de la pluralité des espèces humaines. Sans doute, les polygénistes font argument de cette diversité, mais il reste à prouver que cette donnée a quelque valeur.

L'ethnologie de la Belgique fait l'objet de la dix-septième leçon. M. Houzé essaie d'abord de déterminer les populations qui habitaient le sol de la Belgique aux époques primitives, puis il s'efforce de dégager les caractères physiques qui distinguent les Flamands des Wallons.

Dans la dix-huitième leçon, M. Houzé, après des considérations générales sur l'évolution et la dégénérescence des races, écrit cette phrase étrange : « Les Flandres doivent leur déchéance à des causes multiples; si les dégénérés y sont nombreux, c'est qu'au XVIe siècle elles ont eu à souffrir de l'inquisition, qui les a frustrées de leurs plus nobles enfants. » La déchéance des Flandres, proclamée avec tant d'assurance par M. Houzé, est un

audacieux paradoxe, et la cause qu'il assigne ne sera prise au sérieux par aucun historien. Heureusement, dans cette même leçon, M. Houzé fait d'excellentes remarques sur la théorie de Lombroso. " Le type criminel, conclut-il, est une absurdité contre laquelle il est temps de réagir : il est insensé d'avancer qu'au milieu des races complètement différentes au point de vue de la morphologie et au point de vue des tendances intellectuelles, il puisse se trouver une catégorie d'individus pourvus de caractères anatomiques spéciaux et voués au crime! „

La religion des peuples préhistoriques. — M. le Cte Goblet d'Alviella a publié récemment un article sur les *Méthodes qui permettent d'atteindre le développement préhistorique des religions* (1). En voici la marche générale.

M. Goblet d'Alviella part de ce qu'il appelle une " forte présomption „, par laquelle " l'humanité n'a pas été soustraite, dans ses débuts préhistoriques, à la loi générale de développement des êtres vivants. „ Par suite, " ses commencements doivent être cherchés dans un état inférieur à tout ce que nous apportent les témoignages les plus anciens des premières civilisations. „ L'archéologie préhistorique confirme cette induction et nous montre partout l'homme partant de très bas pour franchir graduellement toutes les étapes de la civilisation.

On a fait des objections aux conclusions qui semblent ressortir de ces données de l'archéologie préhistorique. M. Goblet connaît ces difficultés, et il s'efforce d'y répondre. On a dit très justement que rien ne contredit la préexistence aux anciennes races, dont l'archéologie constate l'état rudimentaire, d'un peuple doué d'une civilisation plus avancée. M. Goblet demande qu'on lui montre les restes de cette culture, et affirme qu'il y a peu de chances de faire pareille découverte.

On a soutenu que les sauvages ne peuvent s'élever à la civilisation sans l'intervention d'un peuple déjà civilisé. Si M. Goblet avoue que la constatation de ce passage n'a jamais été faite, il assure d'autre part qu'elle est impossible à établir, et que, du reste, si le passage de la sauvagerie à la civilisation paraît difficile à franchir, cette difficulté est surtout sensible parce que l'on considère uniquement les degrés extrêmes; mais elle s'atténue si l'on passe par les intermédiaires souvent imperceptibles.

Enfin, on a remarqué que certaine barbarie est conciliable

(1) *Revue de Belgique*, 1892.

avec un caractère relativement élevé de religion, et, pour l'établir, on a fait valoir d'abord le souvenir gardé par les peuples d'une époque où leurs croyances étaient plus élevées, ensuite l'éloge fait par les auteurs classiques de certains peuples anciens, et enfin les idées plus épurées que l'on rencontre dans les plus vieux livres " des Perses, des Hindous, des Juifs, des Chinois, comme dans certains hymnes des Égyptiens et des Chaldéens. „ M. Goblet répond que les " recherches des derniers temps tendent de plus en plus à dissiper des illusions „, et que " chez tous ces peuples, à mesure que nous nous rapprochons des origines, nous trouvons de plus en plus prédominantes des formes de pensée et des manifestations de sentiments qui caractérisent l'état religieux des sauvages à toutes les époques et dans toutes les parties du monde. „ Cela est assez vrai des Sémites en général, des Égyptiens et des Indo-Européens, mais comment M. Goblet peut-il affirmer pareille chose de l'état religieux décrit par la Bible?

La linguistique, continue M. Goblet, établissant que les idées générales ont été précédées dans toutes les langues d'un sens concret et en quelque sorte matériel, est peu favorable à " l'hypothèse d'un début religieux beaucoup au-dessus du niveau observé chez les sauvages. „ Bien plus, pour M. Goblet, les hommes primitifs étaient incapables de s'élever spontanément aux notions de Dieu, d'âme, d'infini, et, à supposer même une révélation, impuissants à la saisir. Il faut donc en appeler à l'évolution graduelle et lente.

C'est l'archéologie préhistorique qui signale les premiers vestiges matériels des plus antiques croyances, rites funéraires, culte des morts, litholatrie des pierres levées et alignées, trépanation, mythe du marteau. Le folk-lore permet de prendre sur le vif les survivances de ces anciennes croyances.

" Ainsi, conclut M. Goblet, l'histoire, l'archéologie préhistorique, le folk-lore, l'ethnographie comparée se joignent à la linguistique et à la psychologie pour nous dire que, si nous voulons reconstituer les premières formes et les premiers développements de la religion, force nous est de nous adresser aux peuples non civilisés, en rapprochant leurs croyances des éléments similaires qui se constatent dans les cultes historiques et dans les survivances populaires. Là où ces trois espèces de sources nous fournissent des renseignements identiques — et surtout s'ils proviennent des régions et des races les plus diverses, — nous pouvons présumer avoir devant nous, non des

faits accidentels et passagers..., mais des faits généraux, *humains.* „

Nous venons de résumer fidèlement la méthode préconisée par M. Goblet pour atteindre le développement préhistorique des religions. Il nous reste à formuler notre appréciation sur le résultat de ces recherches. M. Goblet demeure convaincu que, " quoi qu'on fasse, on n'évitera plus la nécessité de soumettre le sentiment religieux à la loi générale de l'évolution „, et que " la seule thèse qui en souffrira, ce sera le vieil argument métaphysique qui fait reposer la réalité de Dieu sur l'impossibilité où nous aurions été de le concevoir s'il n'avait, en quelque sorte, proclamé son existence à l'oreille du premier homme. „

Eh bien, il ne nous paraît pas que M. Goblet ait solidement prouvé aucune de ces deux assertions. L'espace nous manque pour justifier à fond notre manière de voir, mais il n'est pas malaisé de montrer que l'évolution décrite par M. Goblet ressemble plus à une construction de tête qu'elle n'atteint la réalité des faits. Bien plus, en accordant même la rigoureuse exactitude de toutes les déductions tirées de la religion préhistorique, nous ne voyons pas en quoi cette théorie contredit le dogme chrétien de la révélation. Si la science ne le retrouve pas dans les données fournies par la linguistique, l'ethnographie comparée, le folklore ou l'archéologie, elle conclut à tort à l'impossibilité de la révélation. Ces données ne constituent pas les seules et uniques sources par lesquelles on peut remonter à l'origine de la religion, pas plus que l'alchimie, l'astrologie et l'empirisme du moyen âge ne peuvent nous renseigner complètement sur le développement des sciences chimiques, astronomiques et médicales.

" Le vieil argument métaphysique „, dont parle M. Goblet, est d'ailleurs un peu travesti par le savant professeur. La réalité de Dieu ne dépend pour aucun théologien de l'impossibilité de le concevoir sans révélation. Au contraire, tous les théologiens, à part quelques traditionalistes, admettent que la révélation ne fut pas absolument nécessaire. Ils n'affirment que la nécessité morale et, pour la démontrer, on trouve dans la considération de la nature de l'homme un appui que n'ébranlent pas les découvertes de la science moderne. Celle-ci s'obstine souvent à ne prendre l'humanité que sous un seul aspect et à une certaine époque de sa longue histoire. Il y en a d'autres qu'on ne saurait perdre de vue. Voilà pourquoi, malgré sa concision, le tableau que le Livre de la Sagesse (chap. XIII-XVI) trace de l'origine et de la marche des religions vaut bien sur cette question

toutes les recherches des hiérographes contemporains. D'ailleurs, celles-ci s'occupent uniquement des transformations historiques, nous allions dire des déformations, subies par l'idée religieuse primitive. Sur ce terrain, nous serons en beaucoup de points, non pas en tous, d'accord avec M. Goblet. Mais la science des religions ne va point au delà, et si les conclusions qu'elle propose sur l'origine première du sentiment religieux prétendent nier la révélation, on peut dire que l'hiérographie dépasse ses droits, qu'elle sort de son domaine propre. Elle porte alors sur une époque où, les documents positifs lui faisant défaut, elle croit pouvoir préjuger de cette époque par les idées des temps postérieurs. On voit donc comment s'opère sans peine la conciliation de l'histoire des religions et " du vieil argument métaphysique " : leurs recherches opèrent sur des temps différents.

Les Hébreux établis en Palestine avant l'Exode. — Le R. P. Scheil a signalé sur une des tablettes d'Ell Amarna le nom de Jérusalem *(Urusalim)* et celui des Juifs *(Yaudu)*, comme un peuple palestinien, plus de deux siècles avant l'Exode et avant la conquête du pays de Chanaan sous Josué (1).

Dans la *Revue biblique* (2), M. l'abbé De Moor a examiné la possibilité et la réalité de cet établissement d'une colonie d'Hébreux en Palestine à cette époque reculée. Il pense que ces Hébreux furent des descendants de la famille de Jacob qui, alliés aux Hyksos, mais vaincus par le roi Ahmès I, auront suivi ces derniers dans leur Exode. Tandis que les Hyksos traqués par le vainqueur égyptien fuyaient vers la Syrie, les Hébreux se seront jetés dans les montagnes de la Judée. Plus tard, avec leur chef Arsou, ces pasteurs hiérosolymitains, dans l'espoir de venger la défaite de leurs ancêtres, s'allièrent de nouveau avec les Égyptiens révoltés contre Setnecht. Ils réussirent et dominèrent treize ans en Égypte. Pendant ce temps, les Jébuséens s'emparèrent de Jérusalem qu'ils appelèrent Jébus.

Ces données sont confirmées par une inscription du temple de Karnak, où on lit, parmi les noms des peuplades vaincues par Touthmès III en Palestine, ceux de *Jakobaal* et de *Josepaal*. Cette inscription est en effet antérieure à la tablette d'Ell Amarna, et M. De Moor conjecture ingénieusement que ces dénominations désignent les *Yaudu* des tablettes d'Ell Amarna et les

(1) *Revue des religions*, n° de novembre-décembre 1891, p. 567.
(2) *Revue biblique*, livr. de juillet 1892.

pasteurs hiérosolymitains de Manéthon. Un passage des Paralipomènes (I, VII, 21), inexpliqué jusqu'à présent et très heureusement interprété par M. De Moor, jette sur les mêmes faits une nouvelle lumière.

Les peuples du Ferghanah. — Le Ferghanah, ou vallée supérieure du Sir-Daria, entre le Tian-chan et l'Alaï, renferme une population de 785 600 habitants, dont M. Paul Gault a essayé naguère de préciser la position ethnologique (1).

Voici la conclusion de ces recherches. Les plus anciens occupants descendus des monts Tian-chan formèrent le fond des populations turques d'Andijan, Marguellen, Osh et Ouzgent. Aussi le type mogol et la langue turque dominent-ils au Ferghanah. On signale pourtant un certain nombre de familles venues de Chine, et d'autres de la vallée du Zerafshan en passant par Khodjent.

M. Gault remarque très à propos que les solutions générales proposées pour expliquer le peuplement du Ferghanah sont démenties par l'étude attentive des habitants des divers districts. Il y a des interprétations différentes à donner aux origines de la plupart d'entre elles.

L'ethnologie du Bengale. — Nous avons annoncé autrefois dans un de nos bulletins (2) que le gouvernement du Bengale avait chargé M. Risley de poursuivre des recherches anthropologiques et ethnographiques sur les indigènes du Bengale. Les premiers résultats de ces recherches ont été publiés en quatre volumes, deux intitulés : *Glossaire ethnographique*, et deux autres, *Documents anthropométriques*. M. Topinard examine longuement et consciencieusement ces divers travaux (3).

Les groupes mesurés par M. Risley appartiennent à sept régions : la province de Chittagong, adossée à la Birmanie, le Bengale, le Behar, les provinces du nord-ouest et d'Oudh, les montagnes de Darjeeling, le Chota-Nagpore et le Pendjab.

C'est dans le Pendjab que l'influence aryenne prédomine. Le Chota-Nagpore appartient aux Noirs, non pas aux Négritos brachycéphales, mais aux Australoïdes dolichocéphales. Dans la région de Darjeeling, nous rencontrons les Jaunes. Le Chittagong

(1) *L'Anthropologie*, t. III, janvier-févr. 1892, pp. 55-65.
(2) *Rev. des quest. scient.*, t. XXI, p. 650-1.
(3) *L'Anthropologie*, t. III, 1892, pp. 282-317.

est hétérogène; à côté des Birmans on signale un élément dolichocéphale que M. Topinard incline à rapporter à une race noire ancienne qui a occupé l'Indo-Chine aussi bien que l'Inde.

Mais ce ne sont là que des indications sommaires. L'Inde n'a pas échappé au mélange des races, malgré le système des castes, et, là aussi, les populations présentent à l'anthropologiste un fouillis inextricable. On aurait tort aussi de se laisser guider par les présomptions historiques; étudier l'Inde avec la préoccupation de retrouver les anciennes races, c'est s'exposer à de funestes mécomptes. Voici les éléments que M. Topinard découvre dans les données de M. Risley : 1° un type de haute taille, dolichocéphale, leptorhinien, domine dans le Pendjab, reparaît, mais atténué, sur le Haut-Gange, et disparaît à mesure qu'on descend le fleuve; 2° un type de petite taille, brachycéphale, mésorhinien occupe le nord, le long de l'Himalaya, et l'est dans la direction de l'Indo-Chine; 3° un type petit, dolichocéphale, platyrhinien se rencontre au sud de la vallée du Gange.

Les Grecs en Afghanistan. — On sait combien l'ethnologie de l'Afghanistan est complexe. Dans un récent travail, le Dr H. W. Bellew a essayé de déterminer l'import de la race grecque dans la population afghane (1).

En étudiant les Barakis du Caboul, M. Bellew constate que leurs traditions les distinguent nettement des Pathans, des Turcs et des Mogols ; leur langue aussi constitue un dialecte particulier. M. Bellew pense que les Barakis sont les descendants des captifs grecs transportés, au VIe siècle avant J.-C., par Darius en Bactriane. On doit aussi reconnaître des Grecs, peut-être les Brankhides de Milet transportés par Xerxès en Sogdiane, dans les habitants de Barangan, village du district de Ghorband, près du Badakshan. Enfin les clans ou tribus appelés *Ali, Aali* par les musulmans ; *Jana, Yona, Javana* par les Hindous, *Yunus* par les musulmans ; ou *Bâi, Bâe, Bâizi,* sont, pour M. Bellew les Éoliens, les Ioniens et les Béotiens.

En somme, le fait de l'influence ethnique des Grecs en Afghanistan n'a rien de surprenant. Tout le monde connaît le royaume grec de Bactriane, et il n'a pu disparaître sans laisser au moins quelques traces. Toutefois, la difficulté commence lorsqu'on veut préciser dans quelles tribus cette prédominance de l'élément grec s'est surtout maintenue. Il n'est même pas cer-

(1) *The Imperial and Asiatic Quaterly Review,* October 1891, pp. 261-87.

[illegible] les noms helléniques désignent indubitablement des [illegible] à origine grecque. Le nom peut être demeuré, tandis que la race allait toujours s'altérant.

Les Indiens des côtes méridionales de l'Alaska et de la Colombie britannique septentrionale. — Dans le rapport du Musée national des États-Unis que vient de publier pour 1888 la *Smithsonian Institution* (1), on trouve un long travail de M. Albert P. Niblack sur ces Indiens. Cette publication, qui prend plus de 150 pages du recueil et est accompagnée de 70 planches hors texte, sans compter de nombreuses figures, témoigne de consciencieuses et patientes recherches. Aussi n'hésitons-nous pas à dire qu'elle constitue pour l'ethnologie de l'Amérique un appoint considérable.

Impossible d'analyser en détail ce beau mémoire, ni même de résumer les conclusions générales qui en ressortent. Nous ne pouvons que le signaler à l'étude approfondie des ethnographes et en indiquer les principales divisions.

Après un coup d'œil sur la classification et l'histoire des différentes tribus, l'auteur passe aux caractères physiques, intellectuels, moraux et esthétiques. Il étudie ensuite l'organisation de la famille, de la société et de l'industrie, pour nous initier après cela aux détails de la vie privée. Comme chez la plupart des peuples primitifs, diverses mutilations sont en usage, le tatouage également. La pêche constitue le principal moyen d'alimentation. M. Niblack décrit aussi les habitations, les villages, les diverses industries, le commerce, nous fait assister aux coutumes de guerre et de paix. Suit un tableau de la vie morale de ces Indiens, de leurs superstitions, de leurs coutumes funéraires et de leurs fêtes.

Malgré les résultats considérables auxquels il est arrivé et la somme des faits recueillis, l'auteur avertit loyalement que le problème de l'origine ethnique de ces populations reste à résoudre. Ce qu'on a dit de plus sérieux à cet égard concerne certains rapprochements entre la tribu des Haida et les Maoris de la Nouvelle-Zélande.

J. G.

(1) Ce volume a paru en 1890, mais il vient à peine d'être distribué aux Sociétés européennes correspondantes.

GÉOGRAPHIE.

—

L'expédition Paul Le Marinel au Katanga. Du camp de Lusambo à Bunkeia (1). — La route suivie par l'expédition couvre 5°30' en latitude méridionale et 4° en longitude orientale. Elle traverse tout entière des pays neufs et croise seulement, aux sources du *Lovoï*, * 9° lat. S. (2), l'itinéraire de Cameron.

Nous allons tâcher de suppléer par quelques altitudes à une coupe générale du terrain.

Le Marinel est parti du camp de *Lusambo*, à 450 mètres au-dessus du niveau de la mer, par * 5° lat. S. Il a d'abord remonté la rive droite du *Lubi*, où il a relevé les altitudes qui suivent, avec les latitudes correspondantes : 530 mètres et 5° 41'12"; — 300 mètres et 6° 06'10"; — 770 mètres et 6°15'47"; — 780 mètres et 6° 20'40" (village de *Tchikunga)*. Après avoir traversé le haut *Sankuru*, près de *Mutombo-Mukulu* (7° 57'45" lat. S., — 23° 51'49"80 long. E. de Gr. et 950 mètres d'altitude), il pénétra dans le bassin du *Lomami*. *Nbumbi* (8° 26'45" lat. S.), sur la rive gauche de cette rivière, se trouve à 1060 mètres au-dessus du niveau de la mer, et *Ba N'Zoa* (8° 35'30" lat. S.), sur la rive droite, à 1100 mètres. Les sources du Lomami furent atteintes par 8° 35' lat. S. et 1140 mètres d'altitude. C'est le plus haut relief du trajet fait jusqu'ici par la colonne. En marchant vers le sud, elle descendit dans la région lacustre de *Samba*, qui appartient au bassin de la *Lubudi*, affluent de gauche du *Lualaba occidental*. On y relève des altitudes de 1100 mètres à *Samba* (9°12'33" lat. S.), et de 980 mètres à la pointe nord du lac *Kinda* (9° 27'38" lat. S.). Vers l'est le plateau s'affaisse pour former la vallée au fond de laquelle coule une des branches mères du Congo. Par 9°46'12" lat. S., sur la rive droite du Lubudi, on se trouve à l'altitude de 850 mètres, et par 9° 53'33", coordonnée prise sur la rive droite du Lualaba, à celle de 800 mètres.

Jusque maintenant l'expédition n'a traversé que des pays de

(1) Mouvement géographique, pp. 9-11. Cfr aussi des déclarations de M. Swan, de la " Scotch Presbyterian Mission ", même Revue, pp. 27-28 et 1 carte, et un travail de M. Sharpe sur son voyage chez Msiri, Proceedings Royal Geographical Society, London, décembre 1891.

(2) Dans le cours de ce bulletin, nous marquons d'un astérisque les coordonnées astronomiques qui ne sont qu'approximatives.

plaines, où l'on passe d'un bassin dans un autre sans ligne de faîte bien sensible. La contrée est ici d'une nature tout autre. Ce ne sont que montagnes abruptes couvertes de bois au feuillage sombre, où l'on rencontre le borassus, l'acacia, le figuier, etc. L'ascension commence sur le versant nord-ouest de ces crêtes à l'altitude de 840 mètres. Bientôt Le Marinel se trouva à 1100, 1200, 1400 mètres au-dessus du niveau de la mer. La ligne de faîte séparative des bassins du Lualaba occidental et de la *Lufira* fut franchie par 1510 mètres, près des sources de la rivière *Kaluila*.

Sur le versant de la chaîne faisant face à la Lufira, l'expédition descendit jusqu'à 1075 mètres à *Kassamba* (10° 03' 18" lat. S.), et 1060 mètres à *Tchiongodi*, à 10 kilomètres à l'ouest de *Bunkeia*, par 10° 21' 01" lat. S. et 27° 10' 10"5 long. E. Gr. On se trouvait au sein du pays montagneux soumis à Msiri.

Comme on le constate, trois bassins importants ont été parcourus, entre Lusambo et Bunkeia : le Sankuru, le Lomami et le Lualaba. Voici quelques données fournies à leur sujet par le lieutenant Paul Le Marinel.

Près de Mutombo-Mukulu, le *Lubilache*, branche supérieure du Sankuru, mesure 75 à 80 mètres de largeur et 3 mètres de profondeur. Son courant est faible. Des roches rendent la navigation impossible. La rivière reçoit à droite par * 7° 05' lat. S. le *Lubichi*, et par * 6° 15' lat. S. le *Luembé*. Les sources de ces deux tributaires sont par * 8° 30' lat. S. Le Luembé est un affluent important et inconnu encore; il est large de 25 mètres et profond de 2 à 3 mètres par 7° 45' lat. S. Puisque son bassin s'étend jusque 24° 30' long. E. Gr., celui du Sankuru a donc vers l'est une plus grande extension qu'on ne croyait. Dix à quinze minutes en aval de la bouche du Luembé se trouve, à la rive gauche du Sankuru, le confluent du *Buchimai* (* 6° 05' lat. S. et * 24° 03' long. E. Gr.). Il est grossi sur sa rive droite d'un cours d'eau important, le *Luelé*. Dans les plaines arrosées par ces deux cours d'eau se trouvent des centres importants, tels *Muzembé* (7° 19' 41" lat. S. et 880 m. d'altitude).

Un autre affluent de gauche du Sankuru, c'est le *Lubi*. A son embouchure en face de Lusambo, sa largeur est de 70 mètres. Le Marinel l'a remonté l'espace de 165 kilomètres. Le cours du Lubi est trop rapide pour être navigable, mais le pays qu'il arrose est beau et très peuplé.

La source du Lomami est par 8° 35' lat. S. et 24° 55' long. E. Gr., au sein d'un marécage de 40 mètres de largeur. A

4 kilomètres en aval il est large de 10 mètres et profond de $1^{m},50$. Son cours est entièrement inconnu jusque 6°10′ lat. S., point où Cameron a cessé sa reconnaissance. De sa source à son embouchure dans le Congo, le Lomami mesure 1200 kilomètres.

Son bassin affecte une forme tout à fait étrange. Il couvre 10° en latitude et n'atteint jamais 2° en longitude. Le plateau étroit au fond duquel coule le Lomami semble dominer, tout au moins dans son cours supérieur et moyen, les deux bassins qu'il sépare: celui du Lualaba à l'est, et celui du Sankuru à l'ouest.

Le seul affluent important signalé jusqu'à ce jour est le *Lurimbi* (r. g.), reconnu par Le Marinel dans son voyage de Lusambo à Bena-Kamba. Le *Lukassi* (r. g.), que signale Wissmann, n'est pas aussi considérable.

Dans son cours supérieur le Lualaba occidental reçoit deux affluents principaux : la *Lufira,* qui débouche à la rive droite et qu'a traversée le capitaine Stairs, et le *Lubudi,* tributaire de la rive gauche.

Le Lubudi est le principal affluent du haut Lualaba, et semble avoir la même importance que lui à leur point de jonction. Les sources supérieures semblent être les petits cours d'eau franchis par Cameron, près des villages de *Mkongogotto* et de *Mouénékoula,* sous * 10° lat. S. et 24° long. E. Gr. Par 9° 45′ lat. S., 24° 52′ long. E. Gr., et 930 mètres d'altitude, il a une cinquantaine de mètres de largeur, 3 à 4 mètres de profondeur et un courant d'intensité moyenne. Sa vallée est large. Au dire des indigènes, la rivière a une direction générale nord-est et est barrée en divers endroits par des rapides, qui rendent toute navigation impossible. Elle conflue dans le Lualaba par * 9° 25′ lat. S.

Le Marinel a franchi le Lualaba occidental, branche maîtresse du Congo, par 9° 55′ lat. S. et 25° 38′ long. E. Gr., lors du voyage d'aller; il mesurait 80 à 90 mètres de largeur et 3 mètres de profondeur. Ses eaux limpides couraient d'une grande vitesse sur un fond rocheux. Au retour, la traversée se fit par 9°12′ lat. S. et 26° 8′ long. E. Gr. Entre les deux points de passage, où l'altitude est de 790 et 660 mètres, le fleuve a une section de 90 kilomètres environ. La chute est donc de 130 mètres. Cette différence de niveau révèle l'existence d'un saut important ou de toute une série de rapides. Et de fait, d'après des renseignements recueillis par l'expédition, en amont de chaque point de passage se trouveraient respectivement les rapides de *Chilo* et ceux de *Kalengué.*

par la perruche verte, le bengali à bec blanc, le toucan gris, un aigle de grande taille, des bandes de canards, etc.

Le Marinel signale un scorpion noir, dont un spécimen était long de $0^m,11$.

La tsétsé exerce ses ravages près des sources du Lomami, comme au Katanga où le règne animal comprend surtout le zèbre, l'antilope, le buffle, l'éléphant. Le buffle du haut Lualaba est celui du Cap et non celui du restant du bassin du Congo.

Il y a au Katanga environ six mois de pluie (octobre à mars) et six mois de sécheresse (avril à septembre). Le vent dominant vient de l'est; il est parfois violent. Les orages sont fréquents, les soirées fraîches, les nuits froides. On doit se prémunir contre les fièvres du pays.

La géologie de la région bouleversée qui s'étend à l'est du Lualaba promet des révélations assez intéressantes. Le sol est généralement plus argileux que sablonneux; on y voit du mica en lamelles, des minerais de fer de riche apparence, du quartz sous divers aspects, du micaschiste et du schiste argileux, parfois en grandes masses, et en fragments ténus un peu partout.

Dans les montagnes de *Kanké* sont des roches énormes, très dures; près du Lualaba, par * 9° 20′ lat. S. et 26° 20′ long. E. Gr., Le Marinel a découvert des eaux thermales sulfureuses, et sur la rive gauche du *Dikulué* des efflorescences salines.

A deux journées de marche de Bunkeia sont des mines de cuivre. Sharpe signale même des gisements d'or.

Dans la vallée du Lubi et aux sources du Sankuru et du Lomami, la population est dense. Dans le Katanga la race est très belle, très forte, intelligente, vaillante, disposée au travail. Les gens du Katanga forment d'excellents chasseurs et agriculteurs. Sur les hauteurs qui s'étendent à droite du Lualaba, le lieutenant Le Marinel a rencontré les Bena-Kabambo. Il en est parmi eux qui sont de vrais troglodytes. Ils sont très farouches. Leur vie se passe dans des grottes et cavernes d'où ils ne sortent que pour faire du bois et chasser. Ils n'ont pas de huttes à l'extérieur.

Les Straits Settlements ou colonie des Détroits (1). — L'Angleterre étend sa domination sur la majeure partie de la péninsule malaise; elle s'est ainsi rendue maîtresse d'une des principales entrées des mers de l'Extrême-Orient.

(1) *Les Établissements anglais du détroit de Malacca*, par Gabriel Marcel. La Nature, 16 juillet 1892, pp. 106-108 et 1 carte.

Les établissements des Détroits se composent des colonies anglaises proprement dites et d'États protégés. Les colonies comprennent : 1) l'île de *Penang* ou île du *Prince de Galles*. Elle a été cédée à l'Angleterre en 1785 par le rajah de Kedah. C'est une plaine riche et fertile située par 5° lat. N. sur la côte ouest de la presqu'île, à l'entrée du détroit de Malacca. Un canal large de 2 à 10 milles la sépare de la terre ferme, où s'étend la province de Wellesley ; sa largeur est de 8 et sa longueur de 45 milles. Cette province a été acquise en 1798, mais a été agrandie depuis 1830, année où Singapour devint le siège du gouvernement ; — 2) Les *Dingings*, devenues possession britannique après 1830, sont un groupe d'îles, dont *Pangkor* est la plus grande, et qui sont situées par 4° 30' lat. N. Sur la côte leur faisant face, l'Angleterre est parvenue à l'annexion d'une bande de terre de 25 milles d'étendue du nord au sud ; — 3) L'île de *Singapour*, longue de 27 milles sur une largeur moitié moindre, est située à la pointe extrême de la presqu'île de Malacca, dont elle n'est séparée que par un étroit chenal. Au point de vue militaire, c'est un point stratégique de premier ordre. Il commande la grande route de l'Extrême-Orient. Ses travaux de défense ont déjà coûté à la colonie 2 500 000 francs. Elle forme aussi une station maritime de première importance au point de vue commercial. Le port est excellent et l'un des plus grands du monde. Là font escale les innombrables navires qui mettent l'Europe, l'Inde et la côte orientale d'Afrique en communication avec l'Indo-Chine, la Chine, le Japon, l'Insulinde et l'Australie. L'île de Singapour a été achetée en 1812 au sultan de Djohore ; — 4) *Malacca* forme dans la péninsule une enclave de 659 milles carrés. Elle appartient définitivement à la Grande-Bretagne depuis le traité du 17 mars 1824, passé avec les Pays-Bas. Son importance est presque nulle, car elle est détrônée par Singapour qui concentre tout le commerce extérieur, et par Penang où se trouvent de riches mines d'étain ; — 5) Les îles des *Cocos*, dont l'Angleterre a pris possession en 1857 comme station de charbon, ont été réunies à la colonie en 1886 ; — 6) Enfin l'île *Christmas*, dans l'océan Indien, qu'on annexa et où l'on fonda un établissement en janvier 1889.

Les Straits Settlements, jadis sous la dépendance du gouvernement de l'Inde, dont ils formaient une présidence, relèvent du secrétaire d'État des colonies. Leur constitution est celle des autres possessions de la Couronne. Ils sont dirigés par un gouverneur nommé pour six ans, assisté d'un conseil exécutif et d'un conseil législatif.

Les revenus de la colonie ont été en 1890 de 853 825 livres sterling.

Sans compter la marine indigène, il est entré, en 1890, dans les ports, 16 178 bâtiments ne jaugeant pas moins de 9 678 679 tonnes.

La population des divers établissements est de 506 984 âmes.

La plupart des États indépendants de l'extrémité méridionale de la péninsule malaise ont accepté le protectorat britannique; les autres, affaiblis par des luttes intestines, ne tarderont pas à le solliciter. Depuis 1874, il se trouve des résidents anglais au *Perak*, au *Selangor* et au *Sungei Ujong*, trois pays de mines, et depuis 1883 dans les neuf petits États, riches en gisements d'or, qui ont été formés en confédération en 1892 sous le nom de *Negri Sembilan*. Le *Pahang* gravite dans l'orbite de la Grande-Bretagne depuis 1892. C'est le plus grand des États protégés. Sa superficie est de 10 000 milles carrés. L'agriculture y est en honneur, comme aussi la recherche de l'or et l'extraction de l'étain. Le fleuve *Pahang* est navigable jusqu'à 200 milles de son embouchure.

L'expédition Stairs de Zanzibar au Tanganika, et du Tanganika au Katanga (1). — Le capitaine Stairs, un des adjoints de Stanley pendant son expédition à la recherche d'Émin-Pacha, s'est rendu en mission chez Msiri pour le compte du syndicat commercial du Katanga. Atteint de fièvres, il a dû précipiter son retour ; le mal l'a emporté à *Chindé*, aux bouches du *Zambèze*.

Nous extrayons de sa correspondance et d'une lettre du marquis de Bonchamps d'intéressants renseignements sur la partie de l'itinéraire qui va du Tanganika à Bunkeia.

Le capitaine Stairs conclut, d'une quarantaine d'observations faites à *Karéma* et à *Mont-Rumbi*, que l'altitude du *Tanganika* est de 821^{m}, 27. C'est le chiffre donné par Thompson.

Le lac continue à baisser. Ses eaux, qui baignaient les rochers situés au pied de la station de Karéma, au moment de l'arrivée du major Cambier, en sont maintenant éloignées de 819 mètres; elles présentent une différence de niveau de 5^{m}, 79. Les indigènes affirment qu'elles recommenceront à monter dans deux ans et que la période de la baisse et de la hausse alternatives est de trois lustres.

(1) *Mouvement géographique*, 1892, pp. 62-65; 70; 80.

La chaîne de *Makololo* borde la rive occidentale du lac. Elle atteint jusqu'à 1830 mètres d'altitude. Le mont Rumbi a 1500 mètres. Il revêt une forme analogue à celle de la plupart des points élevés de la masse montagneuse et de cette partie du *Marungu :* une pente à pic de roches rougeâtres, couronnée d'un sommet plat, dépourvu de toute végétation.

On y voit le village de *Manda,* 7° 02′ 11′ lat. S., à l'altitude de 1139 mètres, soit à 318 mètres au-dessus du lac, et à six kilomètres et demi à peine de ce grand réservoir.

Le sol de ces crêtes montagneuses est riche en fer. Ce métal se manifeste tantôt sous la forme de minerai spéculaire, tantôt sous celle d'hématite rouge.

Près de *Mpala,* le Tanganika reçoit la *Lufuko,* qui vient du sud. Au point où Stairs l'a traversée, c'est-à-dire à quelques lieues de son embouchure, elle a 23 mètres de largeur, 0^m 62 de profondeur et une vitesse de 4 kilomètres à l'heure. Dans la vallée on rencontre plusieurs forêts de bois excellent pour la construction, mais pas âme humaine. L'Arabe a passé par là.

A sa sortie de la vallée de la Lufuko, qu'elle franchit par 7° 27′ 56″ lat. S., à l'altitude de 1373 mètres, l'expédition gravit, près de *Makawele,* une petite chaîne de montagnes, au pied de laquelle coule la *Ludifwa.* Cette rivière, large de 16^m, 50 et au courant rapide, se jette dans le *Lufunzu,* affluent du *Lualaba oriental ;* on atteignit le Lualaba à *Gwena,* à 500 mètres du confluent de la Lufunzo, par 8° 09′44″ lat. S. et 29° 06′45″ long. est, et à l'altitude de 902 mètres. Nyangwé étant à l'altitude de 620 mètres environ, la chute du fleuve dans cet intervalle doit être d'environ 282 mètres. La conclusion s'impose que le Lualaba oriental doit présenter un grand nombre de chutes et être un cours d'eau fort rapide.

La première impression que le fleuve fit à Stairs est celle d'un profond, large et puissant cours d'eau ; elle ne fut pas longue. A certains endroits la rivière avait une profondeur de plus de 9 mètres ; mais à une longueur de bateau elle n'avait plus que 0^m, 30 et couvrait des hauts-fonds de roches dentelées. La navigation n'est possible ici qu'aux canots et aux bateaux à très faible tirant d'eau. D'après les Arabes, pendant sept longues marches, la rivière descend sur des fonds rocailleux et est semée de plusieurs rapides ; à deux endroits même se trouvent de grandes cataractes.

La plus grande profondeur relevée par Stairs est de 12^m, 20. La largeur moyenne du fleuve est de 276 mètres environ ; elle

est rarement supérieure à 500 mètres. Les îles boisées sont nombreuses, et parfois habitées. Pendant la saison des pluies, le fleuve se précipite entre ces îles, mais ne dépasse jamais de plus de $0^m,75$ son niveau de saison sèche.

Les Arabes affirment que le fleuve n'est jamais appelé *Luapula* à sa sortie du lac Moëro (912 mètres d'altitude d'après Johnston), mais porte *toujours* le nom de *Lualaba* ou de *Luvwa*.

A trois jours de navigation en amont de Gwena, le Lualaba oriental reçoit la *Luwia*, petite rivière qui vient de l'ouest. On y trouve de grands gisements de sel, qui est exporté dans l'*Urua* oriental.

A l'ouest de Lualaba-Luvwa se trouve une chaîne de montagnes dominant la rivière de 518 à 610 mètres et couronnées par des pics raides.

Entre Gwena et Mpueto, le Lualaba se grossit de la *Luwule* venue du sud. Stairs prit deux latitudes sur les bords mêmes de la rivière : 8° 22'40" et 8° 44'07" lat. S. Entre ces points il leva les coordonnées du *Kassenga*, à l'est de la rivière et dans le voisinage de ses sources : 8° 38' lat. S., et 28° 39'10" long. E. Gr.

Plus à l'ouest, l'expédition franchit une chaîne de montagnes qui sépare les eaux coulant vers l'est et vers l'ouest. Son altitude est presque de 1220 mètres; elle est de 1198 mètres dans la vallée de *Gera* (8° 55' lat. S., et 28° 02'10" long. E. Gr.), à l'ouest de cette chaîne.

Après avoir traversé plusieurs rivières tributaires de la *Luvua*, on rencontra ce cours d'eau, qui est un affluent de la Lufira, qu'elle grossit à deux ou trois jours de marche de Bunkeia. Il existe des grottes habitées au nord-ouest du Sombe, pays qui longe la Luvua.

Les crêtes de *Konde Rungu* se dressent à l'ouest de la Luvua. Quelques pics s'élèvent à 915 mètres au-dessus des plaines de la Lufira. La chaîne se prolonge au sud jusque environ 11° 20' lat. S., endroit où les montagnes tournent vers l'ouest. On y voit plusieurs cataractes superbes. Près de *Kifuntwe*, par exemple, une branche du *Ruizi* fait une chute de plus de 48 mètres au-dessus d'un bloc de rocher.

La Lufira fut franchie à l'altitude de 918 mètres, par 9° 37' lat. S., et 27° 18' long. E. Gr. Sa profondeur est ici de 12 mètres, sa largeur de 73 mètres et son courant de 1600 mètres à l'heure. Elle s'est frayé un canal profond au travers des plaines et elle décrit des méandres très capricieux. Ses rives sont d'argile rouge jusqu'à 12 mètres de profondeur. A environ neuf kilo-

mètres et demi en amont, la Lufira bondit au-dessus d'un mur rocheux. La chute doit être considérable, car la colonne de vapeur qui se dégage au-dessus de la plaine atteint 22 mètres de hauteur. A quatre jours environ au sud de Bunkeia (altitude 1021 mètres; lat. S. 10° 21'40"), il existe sur la Lufira des gisements salins considérables.

Aux points où Stairs a vu la *Lukuruwe,* elle était large de 27 mètres; sa vitesse était de 2400 mètres à l'heure. Par endroits elle avait une profondeur de 4 mètres et revêtait un caractère analogue à celui de la Lufira.

Huit mois de l'année le pays de Msiri est très salubre; au moins les deux tiers de sa superficie sont bien arrosés; il contient des matériaux de construction de tous genres.

De Bazoko à l'Uellé. Exploration du cours inférieur de la Lulu par le lieutenant Chaltin (1). — La *Lulu*, dont le cours inférieur est presque parallèle au *Rubi,* se jette dans l'*Aruwimi* un peu en amont du confluent de cette rivière avec le Congo. C'est peut-être le cours d'eau le plus bizarre et le plus capricieux de tous ceux qui traversent les forêts vierges de l'Afrique centrale. " Ses nombreux méandres si rapprochés les uns des autres, ses étranglements soudains, ses expansions inattendues, le bruit de ses eaux au courant si rapide, les épais rideaux de verdure qui l'enserrent, tout concourt à en faire une exquise fantaisie de la nature. Bien que coulant sur un fond sablonneux, elle roule des eaux noirâtres. Ses rives sont basses, marécageuses, inondées aux hautes eaux. De grands arbres, des palmiers, des plantes grimpantes, des lianes, de hautes herbes y croissent pêle-mêle, s'y enchevêtrent et répandent partout de l'ombre et de la fraîcheur. Lorsque les rives se rapprochent, la rivière coule sous une véritable voûte de verdure. De coquets petits îlots, couverts d'herbes gigantesques et de liserons en fleur, jettent une note gaie, claire, sur le fond sombre de l'ensemble. "

Quoiqué la Lulu soit très profonde, la navigation n'est possible que par canots; encore est-elle difficile et dangereuse. Le lit de la rivière est une véritable forêt d'arbres morts ; ils barrent souvent le cours d'eau dans toute sa largeur, ne laissant qu'une

(1) Mouvement géographique, 10 juillet 1892, pp. 58-59 et un croquis. — En 1890 déjà, le lieutenant Léon Fiévez, ancien commandant du camp de Bazoko, a relevé, par plus de trois cents observations, le cours de la Lulu, depuis Pokomalia jusqu'à son confluent avec l'Aruwimi.

passe de quelques centimètres. Les rives ne sont habitables qu'aux rares endroits où sont établis les villages.

Aux eaux basses, la profondeur de la Lulu est de 2 mètres à l'embouchure, de $4^{m},50$ à *Yambissi,* de 4 mètres à *Bassali,* de 6 mètres à *Bokondandu* et de 4 mètres à *Bakangolia* et à *Mapalma.* Sa largeur varie entre 50 et 100 mètres. La vitesse moyenne du courant est de 50 mètres à la minute.

Les riverains de la Lulu sont à la fois pêcheurs et agriculteurs, mais rarement chasseurs malgré l'abondance du gibier.

Arrivé à Mapalma, le lieutenant Chaltin a pris la direction du nord-est. Il a parcouru une forêt peu dense, riche en éléphants, antilopes et sangliers, et arrosée par de nombreuses sources d'excellente eau. La première grande rivière qu'il a traversée est la *Makusere,* affluent de la Lulu. Sa largeur est de 50 mètres, sa profondeur de $0^{m},50$; plus loin il a rencontré la *Gunoa,* peu profonde mais large.

Le *Rubi* supérieur, dont le cours doit être un peu réduit, passe par *Bobi* (* 2° 40′ lat. N., et * 25° 45′ long. E. Gr.). Il a une profondeur de 5 mètres et mesure 75 à 100 mètres entre ses rives. On le passe en canot. Au dire des indigènes, de grandes chutes se trouvent à trois journées en amont.

La rivière a de nombreux affluents. Parmi ceux de la rive gauche, nous citerons la *Tele.* Elle baigne *Bassali* (* 2° 20′ lat. N., et * 25° 5′ long. E. Gr.), où elle est large de 30 à 50 mètres et profonde de 3 à 5 mètres. De grands arbres obstruent son cours, qui semble pourtant navigable pour les canots de la source à l'embouchure; plus en amont, l'*Emme* et la *Kauba* passent au sud de Bobi et coulent à deux journées de marche de Bassali. Ces deux affluents sont larges et profonds, mais non navigables. Leur fond est pierreux. On les traverse sur des troncs d'arbres. Le passage de la Kauba, dont le courant est très violent, ne se fait pas sans danger.

Dans le croquis joint à l'article que nous analysons, M. Wauters a profité d'un document cartographique inédit, appartenant au capitaine Van Gele, pour mettre à sa place le cours de l'*Uellé-Makua,* depuis le confluent de la *Bima* (* 3° 30′ lat. N., et 25° 15′ long. E. Gr.) jusqu'à *Yakoma,* à l'embouchure du *Bomu;* le cours de l'Uellé doit être reporté plus au sud que sur les cartes antérieures.

Les Pamirs (1). — M. et Mme Littledale ont traversé sans encombre les Pamirs du nord au sud. On sait que les Pamirs forment un immense plateau de 12 000 pieds de haut, de 280 milles en longueur et de 120 à 150 milles en largeur. Il est coupé par de puissantes masses montagneuses, où la limite des neiges éternelles est marquée à l'altitude de 15 000 pieds sur le versant septentrional et de 18 500 pieds sur le versant opposé. C'est l'Engadine asiatique, où l'on jouit de neuf mois d'hiver et de trois mois d'été.

Les explorateurs ont quitté l'Angleterre le 11 avril 1890; leurs principales étapes sont *Odessa, Batoum, Tiflis, Bakou, Samarcande* et *Marghilan,* capitale russe du district de *Kokand,* où ils arrivèrent le 14 mai. La vallée de Kokand est dominée au nord et au sud par une puissante chaîne neigeuse. Celle du sud est à l'altitude moyenne de 12 000 à 14 000 pieds, avec des pics de 18 000 pieds. Les crêtes septentrionales sont moins importantes.

L'ascension vers le Pamir a commencé à *Osh,* terminus de la route postale, à 500 milles de Samarcande. La caravane était composée de huit hommes et trente chevaux. On passa par *Langar* (5800 pieds), *Gulcha,* située dans une riante vallée, et l'on gravit les monts *Alaï,* importante muraille de pics neigeux, hauts de 22 000 à 23 000 pieds, à la passe de *Taldyk* (11 600 pieds), d'où l'on pénétra dans la vallée de l'Alaï. Les monts *Trans-Alaï* furent franchis à la passe de *Kizil Art* (14 200 pieds); le camp fut établi par 13 600 pieds sur les bords du *Markhan-su,* tributaire de la rivière de *Kaschgar* par le *Kizil-su.* Après avoir traversé le *Kichtine Kizil Art,* 14 200 pieds, crête de partage sablonneuse entre le Markhan-su et le lac *Kara-Kul,* on atteignit ce lac, qui est à l'altitude de 12 800 pieds, le 7 juin 1890.

Le Kara-Kul est formé de deux presqu'îles dont la plus grande longueur suit la direction nord-sud. La plus occidentale est la plus étendue; du sud elle reçoit l'*Ak-Jilga,* dont la vallée est couverte de 4 à 6 pieds de neige sur un espace de plusieurs milles.

Au delà de la passe de Tujuk ou d'Ak-Baïtal (15 525 pieds), qu'ils trouvèrent vierge de neige, les voyageurs suivirent le cours de la rivière *Ak-Baïtal.* Il se jette dans le *Murghab* ou *Ak-su* par * 74° 5′ long. E. Gr., et * 38°10′ lat. N. Près de ce point, le

(1) *A Journey across the Pamir from North to South,* by St George Littledale. PROCEEDINGS OF THE ROYAL GEOGRAPHICAL SOCIETY, London, pp. 1-35 et 1 carte.

Murghab est à l'altitude de 12 300 pieds. Au loin se profilent les cimes du *Tagharma*, hautes de 25 800 pieds.

Le 17 juin, on remontait la petite vallée du *Kara-su*, affluent du Murghab, et au delà d'une petite crête on pénétrait dans celle de l'*Alichur*. L'Alichur a ses sources dans le Grand Pamir, au nord-est du lac Victoria; son cours est assez long, puisqu'il se jette dans le lac *Yashil-Kul* (12 370 pieds), tributaire de l'*Amou-Daria* par le *Ghund Dara*. Pour arriver aux bords de la rivière Pamir, on dut cheminer à travers la passe de *Khargosh* (14 550 pieds). Le *Pamir*, qui avait au point de passage 100 yards de largeur, fut remonté jusqu'au lac *Victoria* ou *Gaz-Kul* (13 980 pieds). Le 27 juin, on vit encore à la surface du lac des places où la glace avait un et deux pieds d'épaisseur. Deux passes, le *Kojiguit-Davan* et l'*Andemin* (15 500 pieds), donnèrent accès dans la vallée de l'Ak-su ou du Murghab, qu'on longea jusqu'au lac petit pamirien de *Chak-Mak-Kul* (13 850 pieds).

La physionomie des lacs du Petit Pamir est semblable à celle du Grand Pamir : des rives légèrement inclinées au milieu d'une vallée unie, circonscrite par de hautes cimes neigeuses.

La petite expédition ne tarda pas à franchir la ligne de partage de l'*Ak-su* et du *Wakhan-su*. Ce dernier réuni au Pamir forme l'*Ab-i-Pandj* et plus bas, grossi du Ghund Dara et du Murghab, l'Oxus ou l'Amou-Daria.

Le Wakhan fut traversé à *Sarhad* (11 340 pieds), où le fourrage est assez abondant. Les eaux roulent sur un large lit sablonneux et forment six ou sept canaux.

Une étroite vallée conduisit M. et Mme Littledale à la passe de *Baroghil* (12 460 pieds). C'est une importante dépression de l'Hindou-Kouch, large de 2 à 3 milles et bordée de puissants bastions. Après avoir traversé à gué la rivière de *Mastuj*, de même profondeur que le Wakhan, on marcha, à travers les neiges, vers la passe de *Darkot* (15 000 pieds), et de là on descendit vers *Yasin* (7800 pieds), *Gilgit* (4890 pieds), *Srinagar*, où l'on arriva le 4 septembre, et enfin *Simla*, qui est le point terminus de l'itinéraire.

Exploration dans la Patagonie australe (1). — M. Mohler s'embarqua le 10 janvier 1890 à Buenos-Aires pour *Port-Madrin*, situé au sud de la Péninsule de *San-José*, dans la *Bahia-Nueva*,

(1) Par G. Mohler, Bulletin de la Société de géographie de Paris, 1892, pp. 128-159, 1 croquis et 4 dessins.

territoire du *Chubut*. L'aspect de Port-Madrin est sauvage; deux ou trois habitations et des collines non cultivées bordent la baie. Il est relié à *Trelew*, près du rio *Chubut*, par un chemin de fer, qui ne fait le trajet qu'une fois par mois (!) à l'arrivée du vapeur de Buenos-Aires.

Trelew est assez agréable. Il y a quinze ou vingt constructions en pierre. Au sud-ouest de cette localité, le rio Chubut est bordé sur la rive droite par des roches stratifiées en couches horizontales; sur l'autre rive s'étendent des champs dont le cactus forme la principale végétation. Par 68° 10' long. O. de P., le pays, au sud du Chubut, change complètement de caractère : de tous côtés s'élèvent, de 40 à 60 mètres au-dessus du niveau du sol, des collines formées par des couches horizontales grises, rouges et blanches. Les bas-fonds généralement très unis sont toujours recouverts d'une couche de sable fin et de graviers luisants, incrustés dans le sol. Quelques touffes épineuses peuvent seules croître dans cette région aride, brûlante en été lorsque les vents du sud et de l'ouest se calment, très froide quand au contraire ces mêmes vents viennent à souffler.

Par * 44° 30' lat. S., et 69° long. O. de P., le rio Chubut se grossit sur sa rive droite du rio *Chico*. Le rio Chico serpente vers le sud-ouest entre des roches offrant les formes les plus diverses et composées de grès ferrugineux. Ses rives sont généralement couvertes d'une bonne végétation : saules, arbustes épineux, herbe épaisse. Au commencement de février, ses eaux sont d'un jaune très opaque et très basses; on peut passer à gué la rivière presque partout. Le lit est couvert de galets. Par * 45° lat. S., la vallée est bordée de collines dont quelques-unes atteignent 80 mètres de hauteur. Dans ces parages on peut se permettre la chasse à l'autruche. Non loin du lac Musters se trouvent, sur la rive droite du Chico, d'anciens cratères hauts de 20 à 25 mètres, dont le sommet est couronné par une plate-forme recouverte de laves et de débris de roches basaltiques.

Le rio Chico est l'émissaire du lac *Musters*. Ce lac occupe une grande vallée fertile, bordée au sud par des plateaux de 50 mètres d'élévation au moins. Ce pays est inhabité. Les vents du sud-ouest et de l'ouest, qui dominent dans ces régions, sont très froids. Vers la partie médiane de sa rive occidentale, le lac Musters reçoit le rio *Senger*.

Il se présente ici une question très intéressante.

En arrivant au rio Chico, l'expédition dont M. Mohler faisait partie avait constaté l'état très trouble de ses eaux; la même

constatation fut faite au lac Musters. Les eaux du rio *Senger* au contraire, sorties directement du lac *Fontana,* encaissé dans la *Cordillère,* étaient absolument limpides. Le 25 février, le rio Senger déversait dans le Musters une quantité d'eau quadruple de celle qui s'échappait par le rio Chico. Où allait la différence ?

Pour fonder une théorie, il faudra une série d'observations. En tous cas, M. Mohler ne pense pas que le fait puisse être attribué à des infiltrations. A la fin de l'hiver de 1889, c'est-à-dire en juillet, deux de ses compagnons de route, MM. Botello et Steinfeld, avaient constaté que le rio Senger était facilement guéable, tandis que le rio Chico débordait; l'eau ne s'était donc pas perdue par infiltration.

Le voyageur donne cette explication du phénomène. Lorsque le lac Fontana est grossi par la fonte des neiges andines, son émissaire le rio Senger déverse un volume d'eau considérable dans le lac Musters. Celui-ci emprisonne ces eaux auxquelles est imprimé un mouvement vers le Chico. Puis il les laisse s'écouler dans le rio toujours resté à sec. A l'approche de l'hiver, les Andes cessent de se dépouiller de leur blanche hermine et le rio Senger d'être alimenté par le Fontana. Son niveau baisse donc, tandis que celui du Chico suit une marche ascendante.

Le rio Senger, qui sort du bras septentrional du lac Fontana, poursuit son cours en décrivant de grandes courbes. Par * 46°40' lat. S., il reçoit sur sa rive droite le rio *Maijo,* dont les eaux ne sont guère hautes. Sa largeur est à peine de 12 mètres. Au point où il se déverse dans le Senger (350 mètres d'altitude) la végétation est très abondante; elle l'est d'ailleurs dans tout le cours du Maijo, mais surtout vers sa source où se trouvent de belles prairies.

Comme le Chico et le Senger, le rio Maijo est encaissé dans une vallée bordée de collines et de plateaux. Par * 74° long. O. de P., le Maijo n'est plus qu'un petit ruisseau de 6 à 8 mètres de largeur. A l'ouest, l'horizon est fermé par de hautes collines couvertes d'arbres de plus de 20 mètres de hauteur. La rivière pénètre sous ces bois, puis s'enfonce dans des fourrés épais où elle est formée par de petits ruisselets. A 15 ou 20 kilomètres se dressent des pics de la chaîne des Andes.

Parmi les représentants de la faune rencontrés par l'expédition, il faut signaler le renard gris, fort commun dans les pampas, le renard rouge, appelé renard de la Cordillère, le condor qui pullule, le cygne à col noir et à bec rouge, une grande variété de canards, le cerf, le lion *puma,* assez commun dans les régions

voisines des Andes; sa taille est moindre que celle du lion d'Afrique; il n'attaque pas l'homme.

Par * 45° lat. S. et * 74° long. O. de P., le terrain est très accidenté. On observe des altitudes de 910, 534 et 1170 mètres, etc. En suivant la vallée de la Cordillère, on ne tarde pas à arriver au lac Fontana, découvert en 1882 par le commandant de ce nom. Sa plus grande largeur est d'est à ouest. Sa partie orientale est formée par deux bras. Au sud, il est miné par les taupes et dominé par des collines qui atteignent parfois une grande élévation (519 mètres au-dessus du niveau des eaux du lac). Au nord, il est bordé par des hauteurs de 40 mètres d'élévation; toute cette région, et principalement les bords du lac, sont très boisés, mais l'humidité est telle que le cœur des arbres est pourri. Les rives du Fontana sont couvertes de galets noirs roulés par les eaux.

Lorsque le vent d'ouest souffle avec violence, les vagues sont assez fortes. Le lac est à l'altitude de 799 mètres. Il est compris entre 74° 30' et 74° 14' long. O. de P., et coupé de l'orient à l'occident par le 45° lat. S. Un canal de 900 mètres de longueur environ relie sa partie occidentale à une autre nappe d'eau, qui a nom de lac de la Plata. Il est à un niveau plus élevé et s'étend à l'ouest jusqu'au pied des Andes.

Après avoir séjourné un mois sur les bords du Fontana, l'expédition se dirigea vers le sud à peu près suivant le 74° long. O, de P. Au delà des collines et des plateaux situés au sud du rio Maijo et qui sont orientés de l'est à l'ouest, on rencontra une très grande lagune, longue de neuf kilomètres et large d'un kilomètre environ. Elle est à l'altitude de 472 mètres et située par 45° 42' lat. S., et 73° 42' long. O. de P. Un ruisseau lui amène les eaux de la Cordillère, qu'un autre ruisseau déverse probablement dans le rio Maijo.

Plus au sud, on entre dans une région très accidentée et très boisée pour arriver à un plateau de 1025 mètres d'altitude. Il s'étend en une grande plaine inclinée jusqu'au lac Buenos-Aires. Ce lac est encaissé dans des ramifications de la chaîne des Andes d'une grande hauteur. Il est beaucoup plus grand que le lac Fontana. Son altitude n'est que de 174 mètres. Plus l'expédition avance vers l'est, plus le niveau du sol s'élève; il atteint successivement 292 et 418 mètres. M. Mohler se demande donc où se déversent les eaux du lac Buenos-Aires.

Par * 49° 35' lat. S., on arrive au rio *Chico Santa Cruz*. Il coule dans une dépression de terrain et est bordé par des collines

rocheuses de 400 à 500 mètres de hauteur qui forment la vallée. Cette vallée est couverte d'une riche végétation; le fourrage y abonde. Le Chico a des eaux limpides et un courant assez fort. Sa largeur varie de 20 à 50 mètres, et sa profondeur est de $1^{m},50$ au moins. Sa direction est sud-est.

Le Chico, grossi à droite du rio *Chalia*, se déverse par * 50° lat. S., et 71° long. O. de P., dans le *Santa Cruz*, à 35 kilomètres environ en amont de l'embouchure de ce fleuve dans l'océan Atlantique. A ce point le Santa Cruz n'a guère moins d'un kilomètre de largeur.

L'expédition arrivait le 4 juillet à *Santa Cruz*, ville (!) où se trouvent encaissées au milieu de collines de 60 mètres de hauteur la demeure du gouverneur, une capitainerie, une église, deux cafés et une maison particulière. A part l'un des cafés, tous ces bâtiments sont construits en planches. L'intérieur de l'église est tapissé de papier à fr. 0,25 le rouleau.

Le 5 août 1890, M. Mohler débarquait à Buenos-Aires.

Délimitations de frontières et prises de possession de territoires. — Le *Vénézuéla* et la *Colombie* avaient été englobés jusqu'en 1831 dans la même confédération. Après leur séparation effectuée à cette date, le premier de ces États garda des territoires réclamés par le second. Ils sont vingt fois grands comme la Belgique et situés en partie dans l'angle formé par le confluent de la Mata et de l'Orénoque.

Après de nombreux pourparlers, la question des limites des deux républiques fut soumise, en ces termes, à l'arbitrage du cabinet de Madrid : quelles étaient en 1810, au moment de la proclamation de l'indépendance des colonies espagnoles, les limites de la vice-royauté de Bogota et de la capitainerie générale de Caracas?

La sentence arbitrale, rendue le 16 mars 1891, a donné gain de cause à la Colombie. La nouvelle frontière suit le cours de l'*Orénoque* au-dessus du confluent de la *Mata* jusqu'à celui de l'*Atabaho*, puis le cours de celui-ci; elle gagne ensuite le village de *Guzman Blanco* et longe le *Rio-Negro* jusqu'à la frontière brésilienne. La Colombie obtient aussi le territoire compris entre la *Mata* et l'*Aronca*, et, sur la côte, la région située au nord de la pointe *Peret*. Le *Vénézuéla* conserve la contrée comprise entre l'*Atabaho*, l'*Orénoque*, le *Cassiquiare* et le *Rio-Negro*.

La commission de délimitation des territoires anglo-portugais de l'Afrique sud-orientale a constaté que le plateau de *Manica*,

indiqué comme frontière dans le traité du 12 juin 1891, n'existe pas. On adoptera donc comme frontière le méridien 32°30′ E. Gr. La vallée d'*Umtali* ira au Portugal.

L'expédition du capitaine Binger, chargée avec la mission anglaise du capitaine Lamb de la délimitation des frontières anglo-françaises à la côte d'Ivoire (traité d'août 1889, complété par un protocole de juin 1891), — délimitation qui n'a pas abouti, — a conclu des traités plaçant le *Diammara* sous le protectorat de la France; cette acquisition est importante, car la région du *Baulé* est la route la plus directe de *Kong* à la côte de *Grand-Bassam*, par la rivière *Isi*.

La France et l'Espagne sont presque d'accord au sujet de la délimitation des territoires espagnols du *Rio de Oro*, au nord de la colonie du Sénégal. Le *Cap Blanc* a été reconnu comme limite méridionale extrême de la colonie espagnole; mais on ne s'est pas entendu sur la profondeur des territoires réclamés par l'Espagne à l'intérieur du continent africain. Les commissaires du cabinet de Madrid veulent les étendre vers l'est jusqu'au delà de l'*Adrar* et au *Tagant*.

Un décret du président de la République française, du 6 septembre 1891, ratifie des traités de protectorat confirmant des arrangements antérieurs conclus avec les chefs des pays de la côte d'Ivoire compris entre le *Lahou* et la rivière de *Cavally*.

Les explorations de MM. Mizon, Foureau, Gaillard, etc., ouvrent à la France la voie à une large extension coloniale vers le *lac Tchad*, le *Baghirmi*, etc.

Grâce aux expéditions au *Togoland* du comte Pfeil, commissaire de ce territoire, et du capitaine wurtemburgeois Kling (mort récemment à Berlin), les Allemands se dirigent vers *Say*, sur le Niger, point d'amorce de la ligne de démarcation des territoires anglo-français. Parti de *Tome*, le capitaine Kling a fait une première exploration par *Khandu* (6° 59′ lat. N.), *Temkranku*, au confluent de la *Daka* et du *Volta* (8° 8′ lat. N.), *Pemba* près de *Salaga* (8° 31′ lat. N., et 0° 1′ long. O. Gr.) et *Bismarckburg* (8° 12′ lat. N., et 0° 12′ E. Gr. Il a quitté cette station, sur laquelle il a été obligé, dans la suite, de battre en retraite, pour entreprendre une expédition au nord du Dahomey. Il s'est rendu au *Chantjo*, situé entre 9° 10′ et 9° 30′ lat. N., et 1° et 1° 40′ long. E. Gr. De là il a visité le *Sugu* et le *Borgu*; mais les indigènes lui barrèrent la route à *Kuande* (10° 15′ lat. N.) et le forcèrent à revenir sur ses pas.

Ces conquêtes territoriales ont pour résultats : 1° d'interdire à la France la réunion du Dahomey à ses possessions du Soudan occidental; 2° de dessiner une immense enclave au milieu des territoires français; 3° d'ouvrir l'accès du Niger à l'Allemagne et de lui permettre sur les rives du fleuve un développement, pas inquiétant pour la France ni l'Angleterre, mais du moins préjudiciable à leurs intérêts commerciaux et territoriaux.

L'Angleterre vient de prendre possession du groupe d'îlots inhabités, *Aldabra, Assomption, Astove* et *Cosmoledo,* situés entre 9° et 10° lat. S., et 44° et 46° long. E. de P., à 350 kilomètres environ au nord du *Cap d'Ambre,* la pointe nord de *Madagascar.*

Le pavillon français vient d'être hissé sur les *Iles Glorieuses,* situées au nord-ouest de Madagascar, au centre du triangle formé par *Diego Suarez,* les *Comores* et les *Aldabra Cosmoledo.*

Le gouvernement japonais s'est emparé des *Iles Urlians,* situées à 300 milles des *Iles Mariannes.*

Les hauts sommets du Brésil (1). — Le Brésil est en grande partie montagneux, mais il offre peu de hauts sommets, si on le compare à l'Europe centrale et aux géants des Andes.

Jusqu'à ce jour il n'a été fait qu'une étude imparfaite de son orographie. Cette orographie se compose de deux systèmes principaux : le *massif oriental* ou *maritime,* compris à l'est des bassins du rio *Parana* et du rio *San-Francisco,* et le *massif central* ou de *Goyaz.*

Le massif central est encore peu connu. Ses principaux sommets sont dans la chaîne des *Pyreneos,* près de la ville de Goyaz, et dépassent peut-être 2000 mètres d'altitude.

Le massif maritime, qui tire son nom de sa proximité de l'océan Atlantique, a été assez étudié; il est en effet traversé par les nombreuses voies ferrées amorcées à la côte et construites vers l'intérieur des terres. On le subdivise en trois chaînes : la *serra do Mar,* la *serra de Mantiqueiria,* et la *serra de Espinhaço.*

Dans la serra do Mar, presque parallèle à la côte, les plus hauts pics se trouvent dans la ramification des *Orgues,* qui

(1) Bulletin de la Société de géographie commerciale de Bordeaux, 2e trimestre 1892, d'après une notice de l'Étoile du Sud empruntée au Bulletin de la Société de géographie de Rio-de-Janeiro.

profilent leurs crêtes dentelées au fond de la baie de Rio-de-Janeiro. Ces crêtes présentent, pendant plusieurs kilomètres, une ligne de sommets d'une uniformité remarquable, atteignant 2000 mètres environ de hauteur.

Le bassin supérieur du rio *Tieté*, affluent du Parana, et le bassin du *Parahyba*, fleuve torrentiel qui se déverse dans l'Atlantique au nord de Rio-de-Janeiro, séparent la serra de Mantiqueira de la serra do Mar. C'est là que se trouve l'ensemble des plus hauts sommets du Brésil et même de l'Amérique du Sud, si l'on excepte les Andes ou leurs ramifications.

Cet ensemble de sommets, appelé *Itatiaya*, n'est qu'à une journée en chemin de fer de la capitale de la République. Près de la station de *Rezende*, sur la ligne de Rio à San-Paulo, la Mantiqueira forme un plateau ondulé, élevé de 2000 mètres, d'où s'élancent plusieurs pics hauts de quelques centaines de mètres. Le plus important, l'*Agulhas negras* (Aiguilles noires), a 3000 mètres d'altitude et domine de 2500 mètres le bassin du rio Parahyba.

La serra de Espinhaço forme la ligne de partage des eaux entre le rio San-Francisco et les fleuves qui débouchent dans l'Atlantique, au-dessus du Parahyba : le *Doce*, le *Jequitinhonha*, etc. Il compte quatre pics principaux, d'une altitude supérieure à 1500 mètres : l'*Itacolume*, le *Caraça*, le *Piedade* et l'*Itambe*.

F. Van Ortroy
lieutenant de cavalerie.

VARIÉTÉS

—

NOTES SUR MADAGASCAR

Voici les premières pages d'une correspondance de Madagascar, que je me propose de continuer par la suite, s'il plait à Dieu, et si l'on juge utile de lui donner une petite place dans la *Revue des questions scientifiques*.

Signaler à la *Revue* les faits qui se passeront dans nos parages de Madagascar et qui me sembleront pouvoir contribuer à l'étude ou à la solution de quelque question scientifique, tel est le but de cette correspondance que je qualifierais volontiers du titre de " Simples notes d'un missionnaire-observateur de Madagascar. „

Un savant dont l'autorité est fort grande en tout ce qui touche à Madagascar, M. A. Grandidier, a ainsi formulé son opinion sur les origines de la grande île africaine :

" La distribution des terres à la surface du globe n'a cessé de varier dans la série des âges. Les explorations géologiques révèlent l'ordre dans lequel elles se sont formées; la comparaison des faunes, tant actuelles que passées, nous renseigne au contraire sur celles qui ont disparu; la répartition des animaux tient, en effet, aux conditions antérieures de ces terres, et la présence d'êtres identiques ou analogues dans des pays que séparent de vastes océans, montre que ces pays étaient unis jadis et qu'ils sont les témoins d'anciens continents aujourd'hui effondrés. Or, depuis longtemps, les naturalistes ont constaté avec étonnement que la faune de Madagascar a des relations beaucoup moins

intimes avec celle de l'Afrique, si voisine cependant, qu'avec celle de l'Asie. On trouve en effet à Madagascar certaines familles d'animaux qui y sont, pour ainsi dire, confinés aujourd'hui, mais qui, à une époque géologique antérieure, étaient répandus à la surface d'une grande partie des terres alors émergées. Reportons-nous un instant par la pensée à cette époque que l'on nomme tertiaire, et que des milliers d'années séparent de nous, et, nous appuyant tout à la fois sur les travaux des géologues et sur ceux des zoologistes, reconstituons la carte des terres de ces temps anciens: l'Europe et l'Afrique septentrionale étaient alors réunies, et habitées, ainsi que le nord de l'Asie, par des éléphants, des rhinocéros, des ours, des lions, etc.; l'Afrique méridionale en était, au contraire, séparée par un vaste océan, qui n'a été comblé qu'à la fin de cette époque, et elle avait une faune analogue à celle que nous trouvons aujourd'hui à Madagascar. Les grands fauves et les grands pachydermes, en pénétrant dans le sud après la jonction des deux Afriques, ont modifié profondément cette faune; non seulement ils y ont apporté des éléments nouveaux, très caractérisés, mais, dans la lutte pour l'existence qui a suivi leur invasion, ils ont fait disparaître une foule d'espèces faibles et incapables, comme la plupart des animaux qui existaient dans toute cette région et qui existent encore à Madagascar, de se défendre contre eux; quelques-unes seulement ont survécu, protégées par leurs habitudes nocturnes ou par des qualités spéciales. Il est donc probable que l'Afrique méridionale et Madagascar faisaient partie, avec les archipels de l'Inde et peut-être le sud de l'Amérique, d'un ensemble de continents et d'îles qui occupaient dans l'hémisphère austral une étendue analogue à celle que les terres ont actuellement dans l'hémisphère boréal, et où vivait une faune spéciale, composée de Lémuriens, de Félins plantigrades, de Tenrecs, d'Oiseaux brévipennes tels que les Æpyornis et les Dinornis, qui sont aujourd'hui éteints, ou les Autruches, les Nandous et les Casoars, qui sont parvenus jusqu'à nous, grâce à la force et à la vitesse dont la nature les a doués, de Tortues gigantesques, etc. De ces terres, les unes ont disparu, d'autres se sont réunies aux continents voisins, dont elles font encore aujourd'hui partie, comme l'Afrique du sud, ou dont elles se sont ultérieurement détachées, comme les îles de la Sonde. Madagascar est, au contraire, resté isolé au sein de l'Océan Indien, n'ayant eu de contact avec aucune terre depuis l'époque tertiaire, et, seul entre tous les pays, il semble avoir conservé pures de tout mélange, pendant les derniers

âges géologiques, la faune et la flore qu'il avait à cette époque, comme l'Australie possède encore celles de l'époque secondaire.

Ce sont là des problèmes ardus, qu'il serait téméraire de vouloir résoudre aujourd'hui; j'ai cru, toutefois, devoir vous exposer brièvement les idées que suggère l'étude des faits. C'est aussi l'opinion de MM. Blanchard, Milne Edwards, Wallace, Sclater, etc. „ (1)

Actuellement, l'île de Madagascar émerge de l'Océan Indien entre les onzième et vingt-sixième degrés de latitude sud, et les quarantième et quarante-neuvième degrés de longitude est de Paris.

Au point de vue de sa configuration générale, l'île pourrait être comparée à une espèce d'Icthyosaure immense, à l'ossature de granit, étendu couché par le côté sur un banc de sable.

La partie centrale de Madagascar est constituée par un massif fort tourmenté de montagnes granitiques s'étendant vers le nord et que dominent de 1200 à 1400 mètres, par environ 19° de latitude et 45° de longitude, les cônes trachytiques de l'Ankaratra où s'élève le plus haut sommet de l'île, le pic de Tsiafayavona, à environ 2632 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est dans cette partie centrale de la grande île africaine que se trouve la capitale du royaume Hova, Tananarive, bâtie sur une montagne de granit dont le plateau supérieur est à 1300 mètres d'altitude minima, le point culminant atteignant 1410 mètres. Elle est presque totalement entourée de rizières dont le niveau est à environ 1200 mètres d'altitude.

A l'est s'étend une longue chaîne littorale formée de roches granitiques et basaltiques accolée au massif central.

A l'ouest et au sud, des terres relativement peu élevées au-dessus du niveau de la mer, et paraissant de formation jurassique (2).

Dans la région centrale de Madagascar, l'année se divise en deux saisons principales, la saison sèche et la saison pluvieuse. Cette dernière commence vers novembre pour se terminer vers avril. Le tableau ci-joint pourra donner quelque idée des conditions climatologiques de cette partie de l'île :

(1) Cfr *Madagascar et ses habitants*, par M. Alfred Grandidier, membre de l'Académie des sciences. Mémoire lu dans la séance publique annuelle des cinq Académies du 25 octobre 1886.

(2) Cfr *op. cit.*, et *Carte de Madagascar*, dressée par le R. P. Désiré Roblet, S. J., Paris, 1885.

Pression atmosphérique . .	moyenne	650mm18
	maximum (le 5 septembre, à 9 h.) . .	655mm59
	minimum (le 19 janvier, à 16 h.) . .	643mm45
Température (centigrade) .	moyenne	17° 1
	maximum (le 11 février, à 13 h.) . .	27° 4
	minimum (le 24 juillet, à 7 h.) . . .	4° 4
Tension de la vapeur d'eau (en mm.)	moyenne	11mm13
	maximum (le 11 février, à 13 h.) . .	22mm07
	minimum (le 27 août, à 16 h.) . . .	4mm02
Humidité relative	moyenne	73, 5
	maximum (les 10, 23 mai. " 1, 13, 18, 23, 24 juin. " 22, 27 juillet, " 15 août et 22 sept.)	100
	minimum (les 26 et 27 août, à 16 h.) .	20
Pluie (total en mm.)	Pluviomètre N	1322mm95
	(maximum, le 11 décembre) . . .	73mm6
	Pluviomètre S	1417mm3
	(maximum, le 11 décembre) . . .	93mm1
	Pluviomètre W	1371mm69
	(maximum, le 11 décembre) . . .	61mm2
	Pluviomètre E	1297mm52
	(maximum, le 3 février)	51mm0

Vent fréquent	S.-E.
Nombre de jours de *Pluie*	108
" " *Rosée*	146
" " *Brouillard*	107
" " *Qobar*	139
" " *Éclairs sans tonnerre*	35
" " *Tonnerre*	70
" " *Grêle*	3

(Résumé extrait du *Bulletin de l'Observatoire royal de Madagascar*. — Directeur R. P. E. Colin, S. J.).

L'action des forces souterraines, qui a puissamment bouleversé Madagascar aux époques antérieures, ne semble plus guère s'y manifester de nos jours que par des sources thermales et quelques tremblements de terre. Il n'existe plus dans l'île, que je sache, de volcans en activité. Mais les cratères éteints semblent y être nombreux.

On a émis l'hypothèse que Madagascar appartiendrait à une ligne d'énergie des dites forces souterraines s'étendant de l'île de La Réunion au sud-est, à l'île de la Grande Comore au nord-ouest, où existent encore des volcans en activité.

Une curieuse légende malgache que je demande la permission de relater ici à ce titre, explique ainsi la chose. Le géant fabuleux

Darafify, prenant un jour ses ébats dans l'Océan Indien, se trouva en appétit. Il songea dès lors à " cuire son riz „, et, pour ce faire, disposa un *toko* ou trépied malgache, composé de pierres fichées en terre pour le support de la marmite. Telle fut l'origine de Madagascar et des îles voisines. Darafify, son riz cuit, oublia d'éteindre quelques tisons auprès de deux des pierres du *toko,* et voilà l'origine des volcans encore en activité des îles de La Réunion et de la Grande Comore.

On peut supposer que, plus soigneux à l'égard de Madagascar, le géant éteignit bien la flamme des tisons qui se trouvaient auprès de la troisième pierre, mais que néanmoins ceux-ci ont conservé quelque chaleur; lorsqu'ils viennent à être mouillés par les pluies, Madagascar a ses tremblements de terre ! Pourquoi pas ? Cette déduction de la légende du géant Darafify ne cadre-t-elle pas avec l'hypothèse scientifique qui voit dans les phénomènes sismiques le résultat du développement sous la croûte terrestre de masses de vapeurs produites par l'infiltration des eaux superficielles. Mais laissons la légende, voire même l'hypothèse, et venons-en aux faits.

Il y a trois ans, dans une note présentée par M. Alfred Grandidier (1), je demandai à appeler l'attention de l'Académie des sciences de Paris sur une curieuse coïncidence entre les secousses telluriques et la chute de pluies abondantes à Madagascar.

En 1887, le 7 février, c'était, en effet, après de fortes pluies que la montagne de granit sur laquelle est bâtie la ville de Tananarive se trouvait un moment ébranlée par un choc sismique.

En 1888, le 17 mars, il se produisait encore, à Tananarive, un tremblement de terre, après une période de pluies abondantes. Du 23 février au 17 mars, la quantité de pluie tombée, observée au pluviomètre de l'établissement des Missionnaires de la Compagnie de Jésus au quartier d'Ambodinandohalo, avait été de 276^{mm}.

En 1889, le 28 février, toujours après de fortes pluies, de nouvelles secousses telluriques étaient signalées au quartier d'Ambohimitsimbina.

Enfin, au pays d'Ankisatra, situé à deux journées de marche dans le sud de Tananarive, sur la route de Fianarantsoa, ville capitale de la province Betsiléo, c'était encore à la saison des pluies, en 1889, que le sol aurait été si fortement secoué qu'il se

(1) *Comptes rendus*, 8 avril 1889.

serait fissuré, donnant passage à une assez grande quantité d'eau pour former comme un petit lac.

Depuis, j'ai pu constater la persistance de cette coïncidence en Imérina, coïncidence, qu'on veuille bien le remarquer, n'excluant pas les tremblements de terre dans cette région pendant la saison sèche.

Le 29 juin 1889, en effet, en pleine saison sèche, après une pluie qui m'a semblé tout à fait anormale, un tremblement de terre se faisait encore sentir à Tananarive.

Le 21 février 1890, vers 2^h30^m du matin, autre tremblement de terre après de fortes pluies.

Enfin le 17 janvier dernier, nouvelles secousses telluriques assez violentes.

Ce n'est pas du reste à Madagascar seulement que l'on a observé cette coïncidence entre les tremblements de terre et les pluies ou la saison pluvieuse. Ainsi, lors des dernières secousses qui ont bouleversé si fortement deux des provinces du Japon, il a été signalé qu'il avait plu la veille, qu'il plut toute la nuit, et qu'il pleuvait encore, même assez fort, quand les terribles secousses se firent sentir le 28 octobre, à 6 h. 39^m du matin (1).

Y aurait-il une relation réelle entre les phénomènes sismiques et les phénomènes météorologiques? Les faits que je viens de relater peuvent-ils contribuer à établir qu'il y a vraiment corrélation entre les pluies et les tremblements de terre, ou bien faut-il n'y voir que de simples et fortuites coïncidences?

D'après le savant professeur John Milne, diverses causes influeraient sur la production des tremblements de terre : les unes, causes premières ou principales; les autres, causes secondaires et dépendantes des premières. Les phénomènes météorologiques, comme les variations de température et de pression atmosphérique, la pluie, le vent, seraient du nombre des causes secondaires (2). Les faits que j'ai observés à Madagascar depuis six années pourraient venir à l'appui de cette hypothèse.

D'autre part, un savant membre de notre Institut de France, de fort grande compétence en ce sujet, M. Mascart, à qui mes observations ont été communiquées, tout en trouvant les faits intéressants, n'y verrait que de simples coïncidences.

(1) Cfr *Le Tremblement de terre du 28 octobre au Japon*, par L. Drouart de Lézey, missionnaire apostolique à Tokio. Cosmos, nouvelle série, nos 367 et 368 (6 et 13 février 1892).

(2) Cfr *Earthquakes and other Earthmovements*, bij John Milne. Seconde édition, chap. XVII. London.

Quoi qu'il en soit, sans vouloir donner aux dits faits plus d'importance qu'ils n'en méritent, il m'a paru y avoir quelque utilité à les signaler aux lecteurs de la *Revue*. Comme le faisait remarquer l'auteur de l'intéressante note sur le tremblement de terre du 28 octobre 1891 au Japon, citée plus haut, « dans l'étude des phénomènes physiques, aucun indice n'est à dédaigner. »

Si des tremblements de terre ébranlent parfois nos hauteurs centrales d'Imérina, nous n'avons guère à y redouter les cyclones qui désolent le littoral. C'est ainsi qu'à Tananarive l'état de l'atmosphère n'a présenté rien de bien anormal les 27, 28 et 29 du mois d'avril dernier, alors que le terrible météore qui a éprouvé si cruellement l'île Maurice se faisait assez fortement sentir à Tamatave, sur le littoral est de notre grande île africaine.

On connaît les circonstances dans lesquelles s'est produit cet ouragan ou cyclone d'arrière-saison, si l'on peut s'exprimer ainsi. Je n'insisterai donc pas. Je me borne à signaler encore ici une de ces circonstances qui me paraissent venir à l'appui de l'hypothèse attribuant les perturbations magnétiques, électriques et mécaniques de l'atmosphère à un accroissement extraordinaire d'activité solaire. Du 25 au 29 avril, il a été observé dans le soleil cinq ou six groupes de taches semblant indiquer une forte augmentation d'activité solaire. Du 25 au 28, il y a eu de grands troubles magnétiques. Dans la nuit du 27 au 28, éclairs, tonnerre, et forte pluie. Le 28, et dans la nuit du 28 au 29, encore éclairs et tonnerre. Enfin dans la journée du 29, on a observé des boules de feu dans l'atmosphère, en même temps que s'y produisaient les violentes rafales de l'ouragan.

La chaleur intense qu'il faisait à Maurice, les jours qui ont précédé l'ouragan du 29 avril, porterait aussi à croire que tant que l'abaissement normal de la température ne s'est pas nettement accentué dans nos parages, un cyclone y est toujours à redouter, et cela d'autant plus que la température reste plus élevée. Un savant bien connu par ses travaux sur la matière, M. Bridet, en réunissant les observations de Piddington aux siennes, a relevé, dans une période de trente-neuf années, pour les îles de La Réunion et de Maurice, huit cyclones en avril, quatre en mai, et un en juin.

Je termine par un détail qui pourra paraître *extra* ou *supra* scientifique, mais qui ne me semble pas déplacé dans cette correspondance d'un missionnaire simple observateur ou

ramasseur de faits. Parmi les rares églises ou chapelles de l'île Maurice épargnées par le cyclone du 29 avril, se trouve celle de Notre-Dame de Lourdes à Rose-Hill, une des localités cependant les plus éprouvées. La conservation de cette chapelle est d'autant plus remarquable que les fenêtres n'avaient pas de contrevents. D'autre part, à l'église de l'Immaculée-Conception de Port-Louis, qui n'est plus qu'un amas informe de débris, la statue de Marie est restée seule debout sur ces décombres.

Paul CAMBOUÉ, S. J.,
missionnaire à Tananarive (Madagascar).

NOTES

Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, tome CXV, juillet, août, septembre 1892.

N° 1. **A. Gaudry** : Les similitudes dans la marche de l'évolution sur l'ancien et le nouveau continent sont très nombreuses, et l'on peut souvent, dans l'un et dans l'autre, d'après le stade du développement des êtres enfouis dans le sol, déterminer l'âge du terrain qui les renferme. Par exemple, il y a eu d'abord le règne des Invertébrés, puis le règne des Vertébrés imparfaitement ossifiés, où la colonne vertébrale était à l'état de notocorde; ensuite le règne des Vertébrés à sang froid dont la notocorde est bien ossifiée; enfin celui des Vertébrés à sang chaud. L'allantoïde et le cerveau des Mammifères se sont aussi perfectionnés dans le cours des âges géologiques. Chez les Ongulés, les membres se sont simplifiés, tandis que leur système dentaire suivait une marche contraire, à mesure que l'on se rapprochait de l'époque actuelle.

L. Cailletet et E. Colardeau ont fait, à la tour Eiffel, des recherches expérimentales sur la chute des corps et sur la résistance de l'air à leur mouvement. La résistance de l'air n'est pas exprimée par la loi théorique $T=KR^2$, où K est une constante; au contraire, K croît avec la vitesse.

Verneuil. Certaines propathies très répandues : malaria, syphilis, diabète, alcoolisme, etc., exercent fréquemment une

action généralement fâcheuse sur les épipathies locales ou générales, externes ou internes. Par suite, il est souvent indispensable, dans les cas de ce genre, sous peine d'insuccès, de combattre simultanément et la maladie récente et l'état morbide antérieur.

de Vogüé a pu fixer l'azote ammoniacal sur la paille et faire une espèce de fumier de ferme artificiel, riche en azote, en versant sur un amas de paille et de bale sèches des eaux ammoniacales provenant d'une usine à gaz.

G. Rayet est élu correspondant de l'Académie en remplacement de W. de la Rue.

G. Defforges. La rotation du couteau d'un pendule sur son plan de suspension est accompagnée d'un glissement de l'arête sur le plan.

E. Matthias. De nombreuses expériences prouvent l'exactitude de la loi dite du diamètre pour la détermination de la température et de la densité critique d'un corps. Si l'on porte en ordonnées les deux sortes de densités d'un corps (liquide et vapeur saturée) et en abcisses les températures, les deux courbes obtenues se raccordent à la température critique et le diamètre des ordonnées de la double courbe passe par le point ayant pour coordonnées la température et la densité critiques. La densité critique est la même pour les trois premiers alcools. La densité d'un liquide tend vers le triple de la densité critique quand on s'éloigne le plus possible de la température critique.

A. Leduc. Le poids atomique de l'oxygène n'est que 15,88; mais sa densité par rapport à l'hydrogène est 15,90. On peut déduire de là une confirmation de la loi des volumes de Gay-Lussac, considérée comme loi limite et non comme loi approchée (voir aussi n° 6).

A. et P. Buisine ont trouvé un procédé pour fabriquer des sels de fer au moyen de la pyrite grillée.

Lortet et Despeignes : Les lombrics peuvent ramener à la surface du sol, avec les produits de leur digestion, des bactéries tuberculeuses, ayant conservé intactes toutes leurs propriétés virulentes.

A. Letellier. L'observation prouve que la plante pousse dans la direction qui convient à sa position d'équilibre stable; quand on l'écarte de cette position, elle y revient en se courbant au point où il est le plus facile de la fléchir.

E. A. Martel, A. Delebecque et G. Gaupillat. Il existe dans le Puy-de-Dôme un puits naturel, dit *Creux de Souci*, situé à une

altitude de 1275 mètres. Il se compose d'un entonnoir cratériforme de 25 mètres de diamètre, de 11,5 de profondeur, au fond duquel s'ouvre un trou béant de 3 à 4 mètres de diamètre, de 21,5 de profondeur jusqu'à la nappe d'eau qui occupe le fond du trou. L'intérieur du Creux de Souci est une vaste caverne circulaire en forme de coupole et d'environ 50 mètres de diamètre; le centre est occupé par un lac stagnant et rond de 25 à 30 mètres de diamètre, de 3 de profondeur; il y a au-dessus de l'eau une couche d'acide carbonique très épaisse. La température de l'eau, en été, y surpasse à peine un degré.

N° 2. **Chambrelent.** On peut préserver les vignes de la gelée par des nuages de vapeur d'eau abondamment produits, à condition de commencer pendant la nuit avant que la température soit descendue au-dessous de zéro et surtout de les maintenir assez longtemps après le lever du soleil, pour atténuer le plus possible l'effet d'un changement trop brusque de température.

Perrotin est élu correspondant de l'Académie en remplacement d'Adams.

G. Defforges a effectué avec beaucoup de soin une nouvelle mesure de l'intensité absolue de la pesanteur à Breteuil (longitude ouest de Paris, 0,131 grade; latitude, 54,260 grades; altitude 70,4 mètres). Les observations ont duré deux mois et ont conduit à la valeur $g = 9,80991$.

H. Le Chatelier. Il y a actuellement, dans le commerce, des eaux dites ferrugineuses qui ne contiennent pas de fer et des préparations ferrugineuses artificielles qui contiennent du sesquioxyde de fer au lieu de carbonate ferreux.

A. Poehl. La spermine n'est pas identique à l'éthylènimine C_2H_5N, et la pipérazine, qui est un polymère de l'éthylènimine, n'est pas de la dispermine. L'action de la spermine à titre de *tonique* et de *nervin* provient sans doute de ce que cette base accélère les oxydations et restitue au sang ses propriétés de transport de l'oxygène aux éléments nerveux. De là l'oxydation plus rapide des leucomaïnes, la disparition plus complète des matières extractives, enfin la sensation de bien-être général qu'elle procure. L'administration de la spermine, élément constant du sang normal et de beaucoup de tissus, est absolument sans danger.

Dareste. La rotation continue de l'œuf pendant l'incubation, même si elle est lente, fait périr l'embryon au moment de la formation de l'allantoïde.

C. E. Bertrand et **B. Renault.** Le boghead d'Autun est une

roche d'origine végétale et ulmique formée dans des eaux brunes presque sans courant, comme celles de certains points des territoires amazoniens.

N° 3. **H. Moissan**. On peut préparer avec facilité un proto-iodure de carbone C_2I_4 en décomposant le tétra-iodure grâce à une faible élévation de température, ou en réduisant ce même composé en solution sulfocarbonique par la poudre d'argent.

P. Van Beneden, de Louvain, est élu associé de l'Académie en remplacement d'Airy.

J. Pionchon. La chaleur latente de fusion de l'aluminium est de 80 calories.

H. Le Chatelier. Le principe du travail maximum de Berthelot a pour expression $L > 0$; le principe thermodynamique, dont il est une traduction approchée, a pour expression numérique $L - ST > 0$, en appelant L la chaleur lalente, T la température absolue, S la variation d'entropie accompagnant la réaction considérée. Le nombre considérable de faits qui concordent avec le principe de Thermochimie semble indiquer que S est souvent négligeable.

G. Philippon. Les effets mortels produits sur les animaux placés dans l'air comprimé, par la décompression brusque, proviennent de l'action mécanique des gaz qui se dégagent dans leurs vaisseaux; mais il suffit que la décompression dure quelques instants, environ deux minutes, pour que les gaz accumulés dans le sang par la compression soient éliminés complètement par les poumons.

S. Duplay et M. Cazin ont pu réparer rapidement des pertes de substance intra-osseuse, en introduisant dans les cavités pathologiques parfaitement stérilisées des corps spongieux aseptiques (éponges, gaze iodoformée, etc.), servant de charpente provisoire aux tissus nouveaux qui doivent combler les lacunes, puis fermant les plaies à l'aide de sutures.

N° 4. **G. Guillemin** : L'analyse micrographique permet de déterminer rapidement et sommairement la nature d'un bronze ou d'un alliage industriel, par la simple inspection d'une surface polie et dérochée, et de reconnaître si cet alliage a été simplement moulé, ou bien s'il a été seulement estampé, laminé ou étiré.

A. Carnot. La teneur en fluor des ossements fossiles comparée à celle de l'acide phosphorique est d'autant plus grande, en général, qu'ils sont plus anciens. Cette remarque permet

parfois de reconnaître si des ossements humains sont contemporains d'ossements d'animaux qui les accompagnent (voir aussi n° 7).

P. Blocq et J. Onanoff. Les fibres nerveuses d'origine cérébrale destinées au mouvement sont plus nombreuses pour les membres supérieurs que pour les membres inférieurs.

C. Phisalix. On peut régénérer expérimentalement la propriété sporogène du *Bacillus anthracis* qui en a été préalablement destitué par la chaleur.

N° 5. **H. Moissan.** On peut obtenir le trisulfure de bore en faisant réagir le soufre sur le tri-iodure de bore par voie sèche au rouge sombre (voir n° 3). Si l'on répète la même réaction à la température ordinaire et en solution sulfocarbonique, on obtient du pentasulfure de bore. Le trisulfure fond à 310°, le pentasulfure à 390°.

P.-P. Dehérain. En semant à l'automne de la graine de vesce, immédiatement après une céréale, on fixe dans une matière organique l'azote des nitrates; il est ainsi retenu, soustrait à l'influence dissolvante des eaux qui traversent le sol; cet azote, mis en réserve, ne reprend sa forme assimilable qu'au printemps suivant, au moment où il peut être utilisé par les plantes qui occupent le sol. Lorsque les cultures vertes d'automne sont bien développées, elles renferment plus d'azote que les eaux de drainage n'en entraînent, et, dans le cas d'une légumineuse, le sol est enrichi d'azote prélevé sur l'atmosphère.

L. Vaillant. Un grand Anacondo de l'Amérique méridionale, de six mètres de long au moins et qui mange régulièrement, n'a mangé que trente-quatre fois en six ans et demi (boucs et chèvres de petite taille; le plus gros de 12 kilog., sixième du poids du serpent). Une Vipère à cornes a avalé en une seule fois et digéré une Vipère de France de taille égale à la sienne; pour s'accommoder à cette proie si disproportionnée, son corps s'était distendu au point que les écailles s'étaient écartées en laissant, entre leurs rangées longitudinales, un espace nu égal à leur propre largeur.

G. Salet a vérifié de nouveau la loi de Stokes : les rayons émis par une substance fluorescente ont toujours une réfrangibilité moindre que celle des rayons excitateurs. On peut rattacher cette loi au second principe de la théorie mécanique de la chaleur. Les substances fluorescentes proprement dites, celles qui ne s'altèrent pas, donnent le moyen de changer indéfiniment de la chaleur rayonnante d'une certaine longueur d'onde en cha-

leur rayonnante d'une autre longueur d'onde. Sans la loi de Stokes, par l'intermédiaire de substances fluorescentes convenablement choisies, on pourrait faire passer de la chaleur d'un corps froid à un corps chaud, sans intervention d'aucune énergie extérieure.

F. Berlioz et A. Trillat. Les vapeurs de formol se diffusent rapidement dans les tissus animaux, qu'ils rendent imputrescibles. Elles s'opposent, même en très faibles proportions, au développement des bactéries et des organismes. Elles stérilisent en quelques minutes les substances imprégnées de bacilles d'Éberth et de charbon. Les vapeurs ne sont toxiques que lorsqu'on les respire pendant plusieurs heures et en grande quantité.

E. Hédon. Si, à un chien porteur d'une greffe sous-cutanée du pancréas, on extirpe tout le pancréas qui reste dans l'abdomen, il ne se produit pas de glycosurie. L'extirpation ultérieure de la greffe, faite sans anesthésie, en quelques minutes, comme on enlève une tumeur, est suivie d'une glycosurie très intense qui se développe en quelques heures et persiste jusqu'à la mort de l'animal.

F. Guitel. Le *Clinus argentatus* est ovipare et non vivipare et fait un nid comme beaucoup d'autres poissons.

N° 6. **A. Vivien.** Il se forme dans les chaudières à vapeur des mousses et dépôts particuliers, qui ne se mouillent pas à l'eau, mais ne constituent pas un savon calcaire. Ces dépôts sont dus à la nature des eaux employées et non à la présence de corps gras mélangés aux liquides provenant de la condensation des vapeurs. On peut en empêcher la formation, en épurant l'eau calcaire.

Ch. Barrois a trouvé des radiolaires dans les phtanites de Lamballe (Bretagne), qui sont probablement les plus anciens débris organiques connus jusqu'à présent; ces débris se trouvent vers la limite des systèmes laurentien et précambrien.

N° 7. **Lancereaux et A. Thiroloix** : Il existe un diabète réellement lié à la destruction du pancréas; ce diabète ne provient pas de l'absence de la sécrétion glandulaire externe, mais de l'absence du sucre sécrété intérieurement par la glande et résorbé par les vaisseaux sanguins et lymphatiques.

Cl. Nourry et C. Michel semblent avoir réussi à guérir la morve par les procédés les plus récents employés contre la tuberculose humaine : 1° injections hypodermiques d'huile créosotée; 2° lavage des naseaux du cheval morveux par le chlorure de zinc.

N° 8. **Daremberg** : Les germes du choléra, sous forme du bacille qui le provoque, peuvent séjourner vivants et virulents pendant plusieurs années dans le sol et être ultérieurement l'origine de foyers cholériques. La pollution des cours d'eau par les eaux d'égouts et du sol par l'épandage de ces eaux sur des terrains cultivés peut ainsi donner naissance à des épidémies redoutables.

N° 9. **D. Freire.** La fièvre bilieuse des pays chauds et la fièvre jaune, quoique très semblables entre elles, sont parfaitement distinctes l'une de l'autre, et par les signes cliniques et par les caractères bactériologiques. L'agent infectieux de la première est un bacille, celui de la fièvre jaune est un microcoque.

L. Geneau de la Marliére. Les feuilles d'une espèce développées au soleil, toutes les autres conditions étant égales d'ailleurs, décomposent l'acide carbonique de l'air plus énergiquement que les feuilles développées à l'ombre.

N° 10. **Brown-Séquard** signale des faits qui semblent prouver l'efficacité du liquide brownsequardien dans le traitement du cancer et du choléra.

Perrotin a observé, sur le bord ouest de la planète Mars, des renflements brillants de couleur et d'éclat comparables à ceux de la calotte polaire australe, renflements dont la hauteur peut être estimée à trente kilomètres au moins.

N° 11. **Brown-Séquard.** Les faits cliniques et les faits expérimentaux montrent que l'épilepsie n'a pas de siège spécial dans l'encéphale, et toutes les parties du système nerveux central ou périphérique peuvent le produire.

P. Serret. D'un pentagone 12345, on peut déduire un pentagone *abcde* où *a* est à l'intersection de 34 et de 52, *b* de 45, 13, etc.; de *abcde,* on déduit de même un troisième polygone ABCDE, du troisième un quatrième, et ainsi de suite. Tous ces pentagones sont inscrits dans une même cubique. Les pentagones 12345, ABCDE sont homologiques, et il en est de même des autres polygones deux à deux; les centres d'homologie sont aussi sur la cubique. Chacun d'eux est le tangentiel du précédent; la même propriété existe pour les sommets homologues des polygones successifs (voir aussi n° 12).

Le Goarant de Tromelin. La quantité de chaleur reçue par l'hémisphère nord pendant le printemps et l'été réunis est la même que celle qui est reçue par l'hémisphère sud pendant l'automne et l'hiver réunis. L'inégalité des températures moyennes

des deux hémisphères ne provient pas de ce que le soleil passe huit jours de plus dans l'hémisphère nord, mais de ce que la perte de chaleur par rayonnement est plus grande dans l'hémisphère sud, où il y a de plus grands écarts de température.

N° 12. **J. Gad et G. Marinesco.** Le centre respiratoire bulbaire ne se trouve pas où Flourens, Gierke, Mislawsky ou Holm l'ont cru. Dans la moitié inférieure du bulbe, dans une région située profondément, il existe une masse cellulaire, non nettement circonscrite, mais constituée par une association de cellules nerveuses disséminées de chaque côté des racines de l'hypoglosse, masse dont la destruction détermine l'arrêt, et dont l'excitation entraîne des modifications caractéristiques de la respiration. C'est cette région qui semble jouer le rôle de centre respiratoire.

W. de Fonvielle. Le P. Bertelli a eu raison de soutenir que la découverte de la variation de l'aiguille aimantée est due à Christophe Colomb.

N° 13. **Mascart** explique ainsi l'arc-en-ciel blanc ou cercle d'Ulloa: la diminution du rayon apparent de cet arc-en-ciel provient du déplacement du premier maximum des franges d'interférence qui produisent les arcs surnuméraires, à mesure que le diamètre des gouttes diminue; la disparition des couleurs tient à l'extension des franges d'interférences (voir aussi n° 12).

P. M.

TABLE DES MATIÈRES

DU

SECOND VOLUME (DEUXIÈME SÉRIE)

TOME XXXII DE LA COLLECTION.

LIVRAISON DE JUILLET 1892.

L'ORIGINE DE LA HOUILLE, par **M. A. de Lapparent** 5

LE CALCUL SANS OPÉRATION. LA NOMOGRAPHIE, par **M. M. d'Ocagne** 48

LA MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM (fin), par le **R. P. Fr. Dierckx, S. J.** 83

A TRAVERS LES ÉTATS-UNIS, par **M. X. Stainier** 122

DE L'INFLUENCE DES DOCTRINES DE L'ÉCONOMIE POLITIQUE CLASSIQUE SUR LE SOCIALISME SCIENTIFIQUE, par **M. Édouard Van der Smissen** 157

LES CONGRÈS SCIENTIFIQUES INTERNATIONAUX DES CATHOLIQUES.

Introduction 185

Sciences religieuses, par le **R. P. J. Corluy, S. J.** 191

Sciences philosophiques, par **Mgr D. Mercier** 198

Sciences juridiques et économiques, par **M. Éd. Van der Smissen** 209

Sciences historiques, par **M. le Chan. J.-J.-D. Swolfs.** 222

Philologie, par le **R. P. J. Van den Gheyn, S. J** . . 228

Sciences mathématiques, par **P. M.** 234

Sciences physiques, par **M. Aimé Witz** 238

Sciences naturelles, par **M. Ch. de Kirwan** 243

Anthropologie, par **M. Ch. de Kirwan** 255

BIBLIOGRAPHIE. — I. Premières leçons d'algèbre élémentaire, par H. Padé. **M. P. Duhem** 268
II. Leçons sur la théorie de l'élasticité, par H. Poincaré. **M. P. Duhem** 271
III. Vorlesungen über mathematische Physik, par G. Kirchhoff. **M. P. Duhem** 273
IV. Technique bactériologique, par le Dr R. Wurtz. **F. D.** 275
V. Résistance des matériaux, par M. Duquesnay. **M. P. Daubresse.** 278
VI. Tiroirs et distributeurs de vapeur, par A. Madamet. **M. P. Daubresse** 279
VII. Examen des aliments suspects, par H. Polin et H. Labit. **M. J.-B. André** 280
VIII. Analyse des vins, par le Dr L. Magnier de la Source. **M. J.-B. André** 283
IX. Thermodynamique à l'usage des ingénieurs, par Aimé Witz. **M. N. Sibenaler** 286
X. La terre dans son ensemble, par Alexis-M. G. **L. de K.** 290
XI. Bulles de savon, par C.-V. Boys, traduit de l'anglais par Ch.-Éd Guillaume. **V. B., S, J.** 296
XII. Le doute suprême, par E. Chesnel. **Jean d'Estienne.** 299
XIII. Voyage au Mont Ararat, par Jules Leclercq. **J. G.** . 302

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

ANTHROPOLOGIE, par **M. A. Arcelin** 305
ZOOLOGIE, par **M. A. Buisseret** 317
HYGIÈNE, par **M. le Dr Ach. Dumont** 324
SYLVICULTURE, par **M. Ch. de Kirwan** 329
MINES, par **M. V. Lambiotte** 336

NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.** . 344

LIVRAISON D'OCTOBRE 1892.

M. DE QUATREFAGES ET L'ANTHROPOLOGIE, par **M. l'abbé D. Le Hir** 353

LA DÉFINITION PHILOSOPHIQUE DE LA VIE, par **Mgr D. Mercier.** 398

A PROPOS DU CONGRÈS D'ANTHROPOLOGIE CRIMINELLE, par **M. l'abbé Maurice de Baets**. 467

LA PHOTOGRAPHIE DES PROTUBÉRANCES SOLAIRES, par le **R. P. J.-D. Lucas, S. J**. 481

L'ŒUVRE GÉOGRAPHIQUE DE MERCATOR, par **M. F. Van Ortroy.** 507

BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de machines, par M. Haton de la Goupillière. Tome second, second fascicule : Chaudières à vapeur. **M. André Dumont**. 572

II. Encyclopédie des travaux publics : Chemins de fer, notions générales et économiques, par Léon Leygue; — Chemins de fer à crémaillère, par A. Lévy-Lambert, **M. M. d'Ocagne**. 580

III. Premiers principes d'algèbre, par Laisant et Élie Perrin. **M. M. d'Ocagne**. 585

IV. De la disparité physique et mentale des races humaines et de ses principes, par Fr. Souffret. **M. C. de Kirwan**. 586

V. Les Altérations de la personnalité, par Alfred Binet. **M. C. de Kirwan** 591

VI. Synopsis der höheren Mathematik von Johann G. Hagen, S. J. Erster Band. Arithmetische und algebraische Analyse. **M. P. Mansion** 594

VII. De la race et de la langue des Hittites, par Léon De Lantsheere. **J. G**. 602

VIII. Traité théorique et pratique des moteurs à gaz, par Aimé Witz. Troisième édition. **M. J. Ledent** . . 604

IX. Le Grisou, par H. Le Chatelier. **F. D**. 609

X. Les Acariens parasites, par P. Mégnin. **D. T**. . . . 615

XI. Report on Deap-Sea Deposits based on the specimens collected during the voyage of H. M. S. Challenger in the years 1873-1876, by John Murray and Rev. A. F. Renard. **M. C. de la Vallée Poussin** 616

XII. La Perception et la psychologie thomiste, par M. Dome de Vorges. **Mgr D. Mercier** . . . . . .
XIII. Introduction à la Mécanique chimique, par P. Duhem **P. M.** . . . . . .

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
ASTRONOMIE, par **V.-S. D.-L.** . . . . . .
ETHNOGRAPHIE, par **J. G.** . . . . . .
GÉOGRAPHIE, par **M. F. Van Ortroy.** . . . . . .

VARIÉTÉS. — Notes sur Madagascar, par le **R. P. Camboué, S. J**

NOTES. — Comptes rendus de l'Académie des sciences. **P. M.**

Figures de l'article " La définition philosophique de la

Bruxelles. — Imp. Polleunis & Ceuterick, rue des Ursulines, 37.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 03543 6453